

32/446(477)2^e ex

**Gevolgen van een gedeeltelijk beregeningsverbod op grasland
voor een Noord-Brabants melkveebedrijf in 1992-1994**

J. Postma

M.H.A. de Haan (Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen)

P. Kabat

J.M.P.M. Peerboom

J.G. Wesseling

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

Rapport 477

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997

957044

REFERAAT

Postma, J., M.H.A. de Haan, P. Kabat, J.M.P.M. Peerboom en J.G. Wesseling, 1997. *Gevolgen van een gedeeltelijk beregeningsverbod op grasland voor een Noord-Brabants melkveebedrijf in 1992-1994*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 477. 80 blz.; 29 ref.; 14 fig.; 18 tab.; 11 aanh.

Voor drie melkveebedrijven op droogtegevoelige grond in het oosten van Noord-Brabant is voor 1992 t/m 1994 het verschil in droge-stofopbrengst, arbeidsopbrengst en de mineralenbalans van beregend en onberegend grasland berekend met verschillende berekeningsscenario's. Het gebruikte model is SWAGRA, een koppeling van SWATRE, CROPR en GRAMAN. Uit deze studie blijkt dat het gedeeltelijke beregeningsverbod voor het normbedrijf in de periode 1992-1994 en op de doorgerekende gronden weinig negatieve effecten heeft gehad op het bedrijfsinkomen. De berekeningen van de mineralenbalans leveren geen eenduidig resultaat op voor het effect van het beregeningsverbod.

Trefwoorden: beregening, grasland, mineralenbalans, SWAGRA, SWAP, verdroging.

ISSN 0927-4499

©1997 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen. Tel.: 0317-474200; telefax: 0317-424812.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

Project 5851

[Rap477-IS/02-98]

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Gegevens, modellen en scenario's	13
2.1 Uitgangspunten	13
2.2 Modellen	14
2.3 Bodemtypen	14
2.4 Meteorologische gegevens	15
2.5 Simulatie van vochttekorten en berekening in de modellen	16
2.6 Scenario's	17
3 De gras- en arbeidsopbrengsten	19
3.1 Resultaten en discussie	19
3.2 Conclusies	28
4 Mineralenbalans van stikstof en fosfor	31
4.1 Theoretische benadering	31
4.1.1 Stikstofoverschot	31
4.1.2 Fosforoverschot	33
4.2 Modelmatige benadering	35
4.2.1 Stikstofoverschot	35
4.2.2 Fosforoverschot	36
4.2.3 Tekortkomingen van het modelinstrumentarium	36
4.3 Discussie	38
4.3.1 Stikstofoverschot	38
4.3.2 Fosforoverschot	38
4.4 Conclusies	39
5 Algemene discussie en conclusies	41
Literatuur	43
Aanhangsels	
1 Beschrijving van SWAGRA	47
2 Berekening beregeningskosten elektrische pomp en dieselpomp	53
3 Bedrijfseconomische invoer van SWAGRA (BBPR)	57
4 Bodemfysische invoergegevens	61
5 Deel van de invoer bedrijfsgegevens uit MLKVVE	65
6 Deel van de invoergegevens van SWATRE/CROPR	67
7 Invoer graslandgegevens GRAMAN	69
8 Het effect van de verschillende berekeningsscenario's op de mineralenbalans	71

9	Gemiddeld verloop van de pF-waarden in de wortelzone van de drie profielen gedurende 1992, 1993 en 1994	75
10	Het verband tussen potentiële productie, bodemsoort en weersgesteldheid	77
11	Hergroei problemen en groeistagnatie na een droge periode.	79

Woord vooraf

DLO-Staring Centrum (SC-DLO) heeft in samenwerking met Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen (PR) in opdracht van de Provincie Noord-Brabant onderzocht wat de gevolgen zijn geweest van het gedeeltelijke beregeningsverbod op grasland dat gedurende de afgelopen jaren van kracht was. Voor een 'normbedrijf' op drie verschillende bodemsoorten zijn simulaties uitgevoerd van de bedrijfsresultaten en mineralenbalansen voor de jaren 1992 t/m 1994. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant is voor de berekeningen uitgegaan van de versie van het simulatiemodel SWAGRA die ook is toegepast voor de eerdere studie van Metselaar et al. (1991). Op verzoek van SC-DLO is door het PR beoordeeld wat de uitkomsten van de berekeningen betekenen voor de overschotten op de mineralenbalans.

Sinds de vorige studie zijn verbeterde simulatiemodellen beschikbaar gekomen. Deze houden meer rekening met recente ontwikkelingen in de rundveehouderij, onder meer op het gebied van de voederwaardebepaling. In het kader van deze studie is de vergelijkbaarheid van de nu uitgevoerde berekeningen met die van 1991 van groter belang geacht dan de actualiteit van het instrumentarium. Door de veranderde mestwetgeving en andere bemestingsadviezen kan het zijn dat de beslisregels omtrent het graslandgebruik binnen het bedrijf tegenwoordig afwijken van hetgeen in de hier gebruikte modellen wordt gehanteerd. Dit kan gevolgen hebben voor de overschotten op de mineralenbalans.

J. Postma (SC-DLO) heeft het onderzoek uitgevoerd m.u.v. het gedeelte over de mineralenbalans. De beoordeling van de gevolgen voor de stikstof- en fosforoverschotten is uitgevoerd door M.H.A. de Haan (PR). J.M.P.M. Peerboom (SC-DLO) heeft het rapport inhoudelijk geredigeerd en afgerond. B.J. van de Broek en later P. Kabat (SC-DLO) waren respectievelijke projectleiders. Na het vertrek van J. Postma heeft J.G. Wesseling (SC-DLO) de zorg voor het afronden van het rapport overgenomen. Mede door het wisselen van projectleider en een zeer intensief overleg tussen SC-DLO en PR heeft de afronding van het rapport tot 1997 op zich laten wachten. Vanuit de Provincie Noord-Brabant hebben dhr. G.J. Leunk en dhr. R. Ruytenberg het onderzoek begeleid.

Samenvatting

In opdracht van de Provincie Noord-Brabant is berekend wat het gedeeltelijk beregeningsverbod in de periode 1992 t/m 1994 voor gevolgen zou hebben gehad voor een 'normbedrijf'. Dit 'normbedrijf' is een bedrijf met alleen melkvee, dat qua veebezetting als representatief gezien kan worden voor de melkveehouderij in Noord-Brabant. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant is voor de berekeningen uitgegaan van de versie van het simulatiemodel SWAGRA die ook is toegepast voor de eerderde studie van Metselaar et al. (1991). In die versie zijn de meest recente inzichten ten aanzien van het mestbeleid en het gebruik van dierlijke mest niet opgenomen. Er is daarom vooral in kwalitatieve zin aangegeven wat de gevolgen van beregening voor de mineralenbalans van grasland zullen zijn. Om een vergelijking met de vorige studie (Metselaar et al., 1991) mogelijk te maken is uitgegaan van de invoergegevens die in genoemde studie zijn gebruikt. Alleen de meteorologische en enkele economische kengetallen zijn geactualiseerd.

Voor de studie zijn berekeningen uitgevoerd op 3 bodemtypen die alle overeenkomen met de legenda-eenheid Hn21: één *fijnzandig* en één *grofzandig* bodemtype met grondwatertrap VI en een *grofzandig* type op grondwatertrap VII ('*NCB-profiel*'). Er werd in de eerste twee situaties berekend met een haspelinstallatie aangedreven door een trekker, bij het *NCB-profiel* werd berekend met een elektrische beregeningsinstallatie. Met dieselaandrijving bedragen de beregeningskosten 2,40 f/mm.ha, met elektrische aandrijving 1,52 f/mm.ha. In beide gevallen is gerekend met de kosten voor brandstof en onderhoud, zonder kosten voor rente, afschrijving en arbeid. Er werd berekend gedurende 16 uur per dag, per keer werd 25 mm bruto-beregening toegepast, inclusief 20% verliezen.

Voor de drie weerjaren 1992-1994 op de drie bodemtypen, zijn vier scenario's doorgerekend: volledig berekend, niet berekend, beregeningsverbod tot begin juni, beregeningsverbod tot half juni. Voor de beregeningsscenario's zijn runs uitgevoerd met een beregeningscriterium bij zowel pF 2,3 als bij pF 2,7.

De resultaten van de berekeningen laten zien dat in de betreffende jaren (1992 t/m 1994) op de betreffende gronden een beperkt beregeningsverbod in de meeste gevallen geen negatief effect heeft gehad op het inkomen van het 'normbedrijf'. Belangrijk hierbij is dat in de meeste gevallen pas na half juni sprake was van een vochttekort. Deze resultaten zijn in overeenstemming met die van Metselaar et al. (1991).

In de situaties waarin berekend wordt bij een pF van 2,3 werd vooral in het voorjaar veel berekend in situaties waarin achteraf gezien geen beregening nodig was. Een beperkt beregeningsverbod tot begin juni of half juni heeft dan zelfs een klein positief effect op de arbeidsopbrengst, omdat de meeste situaties waarin onnodig berekend wordt, voorkomen worden. Bij een criterium van pF 2,7 waren de effecten van het beperkt beregeningsverbod in de betreffende jaren nauwelijks merkbaar op zowel de arbeidsopbrengst als de waterbesparing.

Er is ook gekeken naar het effect van een volledig beregeningsverbod. Bij een scherper beregeningscriterium (pF 2,7) leverde beregening in de beschouwde jaren voor de gebruikte gronden een lichte winst op van enkele honderden tot maximaal f 1 500,- per jaar op de arbeidsopbrengst van het 'normbedrijf'. Als beregenen startte bij een pF 2,3 wogen de kosten van beregening in de doorgerekende situaties nauwelijks op tegen de meeropbrengsten.

De berekeningen van de mineralenbalans vertonen een grote spreiding voor zowel stikstof als fosfor. Er kunnen (mede door het gebruikte instrumentarium) geen significante uitspraken van afgeleid kunnen worden. Aangezien de boerenpraktijk en het beleid de laatste jaren sterk gewijzigd zijn, is het niet mogelijk om deze effecten met de gebruikte modellen goed te beschrijven. Nader onderzoek van deze problematiek met een moderner instrumentarium is noodzakelijk om de effecten van beregening voor de mineralenbalans te kunnen kwantificeren.

Uit deze studie blijkt dat het ingestelde gedeeltelijke beregeningsverbod voor het 'normbedrijf' in de periode 1992 t/m 1994 en op de doorgerekende gronden weinig negatieve effecten gehad heeft op het bedrijfsinkomen. Voor een deel is dit het gevolg van relatief geringe vochttekorten voor half juni. Voor andere bedrijven (met bijv. andere diersoorten en op andere gronden) kunnen deze resultaten heel anders zijn.

1 Inleiding

Sinds 1992 is in de Provincie Noord-Brabant een vergunningenstelsel van kracht dat het onttrekken van grondwater voor het beregenen van grasland beperkt. Gezien de grote aandacht die beregening op grasland krijgt en ter bevordering van de handhaving van het beregeningsverbod is het van belang dat de uitvoerders voldoende inzicht krijgen in de effecten die een beregeningsverbod heeft op het bedrijfsinkomen van een veehouderijbedrijf. Momenteel bestaat er daarnaast ook aandacht voor de gevolgen van beregening op de mineralenbalans. In enkele aanvullende berekeningen is gekeken naar de consequenties van de in de voorgaande hoofdstukken weergegeven veranderingen in de voedervoorziening en bemesting voor het stikstof- en het fosforoverschot.

Het gedeeltelijk beregeningsverbod op grasland van de Provincie Noord-Brabant behelsde de volgende beperkingen gedurende de onderzochte jaarreeks:

- van januari tot 1 juni een volledig verbod voor het onttrekken van grondwater,
- in juni en juli een verbod op grondwateronttrekking tussen 11.00 en 17.00 uur,

Uitzonderingen zijn :

- 48 uur na mestinjectie mag beregend worden in de periode 1 januari-1 juni,
- in een 5% droog voorjaar wordt het verbod ingetrokken.

Op verzoek van de Provincie heeft DLO-Staring Centrum derhalve berekeningen van grasproductie en arbeidsopbrengst uitgevoerd over de jaren 1992 t/m 1994, met en zonder beregening. Ook de invloed van het beregeningsverbod op de mineralenbalans werd in de studie meegenomen. In geval van beregening zijn in de arbeidsopbrengst de variabele kosten en het onderhoud meegerekend. Er is gerekend voor een zogenaamd 'normbedrijf'. Een 'normbedrijf' is een bedrijf met alleen melkvee, dat qua veebezetting als representatief gezien kan worden voor de melkveehouderij in Noord-Brabant. Verondersteld is dus dat de beregeningsvoorzieningen al aanwezig zijn. Er is gebruik gemaakt van het simulatiemodel SWAGRA, het model dat voor de onderbouwing van de regelgeving (Metselaar et al., 1991) is gebruikt. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant is de versie van destijds gebruikt voor dit onderzoek. Verder is door het Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen (PR) te Lelystad uit de simulatieresultaten van SWAGRA berekend wat het effect van het verbod is op de mineralenbalans van een bedrijf, m.b.v. het bedrijfsbegrotingsprogramma voor de rundveehouderij, BBPR.

De vier doorgerekende scenario's omvatten:

- beregeningsverbod tot 1 juni,
- beregeningsverbod tot 15 juni,
- geen beregeningsverbod,
- geen beregening.

In het model vindt berekening plaats bij een vochtspanning van pF 2,3 respectievelijk bij pF 2,7 in de wortelzone. Er mag gedurende maximaal 16 uur per etmaal berekend worden.

Hoofdstuk 2 beschrijft de gegevens, de gebruikte modellen en de doorgekende scenario's. De resultaten van de scenarioberekeningen wat betreft de grasproductie en het arbeidsopbrengst staan in hoofdstuk 3, wat betreft de mineralenbalans in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 geeft de belangrijkste conclusies weer, o.m. in vergelijking met de conclusies uit het onderzoek van Metselaar et al. (1991).

Op verzoek van de opdrachtgever is in aanhangsel 11 en 12 een beschrijving toegevoegd van de betekenis van de term potentiële productie, en van de berekening van hergroei en groeistagnatie door droogte in SWAGRA.

2 Gegevens, modellen en scenario's

2.1 Uitgangspunten

De scenario's voor de opbrengsten en de mineralenbalansen werden toegepast op een melkveebedrijf waarvan de fysieke en economische kenmerken werden vastgesteld door een breed opgezette begeleidingscommissie tijdens het onderzoek van Metselaar et al. (1991). De gesimuleerde omstandigheden werden destijds als karakteristiek gezien voor de Noord-Brabantse situatie. Afgezien van de meteorologische omstandigheden en actualisering van enige economische kentallen, zijn exact dezelfde gegevens gebruikt als destijds. De belangrijkste onderscheidende kenmerken betreffen:

- Eén van drie bodemtypen, namelijk een *grofzandig* profiel met grondwatertrap VI, een *fijnzandig* profiel met grondwatertrap VI, en een *grofzandig* profiel met grondwatertrap VII, hierna genoemd het *NCB-profiel* (zie par. 2.3);
- 50 koeien (FH-HF) en geen jongvee;
- 16,2 ha grasland en 4 ha snijmaïs, zelfvoorzienend met ruwvoer;
- beregening vindt plaats met een haspelinstallatie en alleen op grasland;
- de (geactualiseerde) beregeningskosten zijn 24 cent/m³ ofwel 2,40 f/ha.mm bij beregenen met een dieselpomp (fijn- en grofzandig profiel), en 15 cent/m³ ofwel 1,52 f/ha.mm bij elektrisch pompen (NCB-profiel).

De gehanteerde veebezetting is karakteristiek voor Noord-Brabant. Wel dient opgemerkt te worden dat het ontbreken van jongvee op het bedrijf waarschijnlijk niet meer geheel in overeenstemming is met de huidige werkelijkheid in Noord-Brabant.

Bij de beregeningskosten zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als in Metselaar et al. (1991), met uitzondering van de gehanteerde normprijzen voor brandstof/elektriciteit en nieuwwaarde van apparatuur (zie aanhangsel 2). Wel is ook als destijds geen rekening gehouden met de kosten voor rente en afschrijving van de installatie, evenmin als met de kosten voor de extra arbeid die nodig is voor beregening.

In afwijking van de studie van Metselaar et al. (1991), zijn de berekeningen uitgevoerd voor zowel een *beregeningscriterium* (pF waarbij beregend wordt) van pF 2,3 als van pF 2,7. Destijds is gekozen voor een pF van 2,3 in de veronderstelling dat op de meeste bedrijven reeds beregend wordt bij vochtomstandigheden waarbij nog nauwelijks verdampingsreductie optreedt. Deze handelswijze wordt mede ingegeven door de omstandigheid dat niet tegelijkertijd aan de beregeningsvraag van ieder perceel voldaan kan worden. De huidige ontwikkeling van planningsinstrumentaria t.b.v. de beregening (o.m. het project 'Beregennen op maat' dat momenteel in de Provincie aan de gang is) maken het niet denkbeeldig dat dit criterium scherper zal worden gehanteerd. De verwachting is echter dat de feitelijke capaciteit aanzienlijk lager zal liggen dan die waarmee in het normbedrijf rekening werd gehouden tijdens dit onderzoek. Uit metingen bij 47 rundveehouderijbedrijven

blijkt de beschikbare beregeningscapaciteit $1,34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ te zijn. Bij een geringe capaciteit zal de neiging ontstaan eerder met de berekening te beginnen.

2.2 Modellen

De hydrologie, de grasgroei en het beweidingsschema voor elk scenario worden in samenhang met elkaar berekend met het model SWAGRA van DLO-Staring Centrum (Peerboom, 1990; Metselaar et al., 1991, Kabat et al., 1994). SWAGRA is een uitbreiding van het hydrologische model SWATRE (Feddes et al., 1978; Belmans et al., 1983). SWAGRA wordt beschreven in aanhangsel 1. Voor de berekening van de melkproductie en de arbeidsopbrengst worden de modellen MLKVEE (Mandersloot, 1988) en BBPR (Meerveld et al., 1986) van het Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen te Lelystad gebruikt. Het programma BBPR vertaalt de met SWAGRA verkregen opbrengsten (melk, ruwvoer) naar economische waarde door een begroting op te stellen, waarin omzet en aanwas, toegerekende en niet-toegerekende kosten berekend worden.

Uit SWAGRA en MLKVEE komen invoergegevens over opbrengsten en sommige toegerekende kosten (maaiopbrengst, melkproductie en melkkwaliteit, krachtvoeropname, ruwvoeropname, totale stikstofgift en de beregeningsgift). BBPR zelf berekent de omzet en aanwas. Een aantal posten wordt niet berekend en moet in de invoer worden gegeven. Hieronder vallen bijv. in- en verkoopprijzen, machineparkspecificaties, rentepercentages. Deze economische bedrijfsgegevens zijn afkomstig van de KWIN-V van 1992 t/m 1994 (CAD/RSP, 1992-1994) en staan in aanhangsel 3. BBPR levert als belangrijkste uitkomst, de zgn. *arbeidsopbrengst van de ondernemer*. Deze opbrengst is het verschil tussen alle opbrengsten en alle kosten uit het bedrijf. Bij de kosten zijn niet de loonkosten van de ondernemer zelf meegenomen; er wordt vanuit gegaan dat de ondernemer de (variabele) arbeidsopbrengst als loon ontvangt.

Het programma BBPR wordt ook gebruikt voor het bepalen van de mineralenbalans op de bedrijven.

2.3 Bodemtypen

Een veel voorkomende bodem voor de Provincie Noord-Brabant waarop berekening plaatsvindt, is een veldpodzol: een leemarme zandgrond met een matig humeuze bovengrond. Deze bodem komt op de Bodemkaart van Nederland (1 : 50 000) overeen met de legenda-eenheid Hn21. Uiteindelijk werden, uitgaande van dit profiel, de simulaties uitgevoerd voor drie bodemsoortvarianten op deze karakteristieke Hn21-bodem.

- De eerste bodem heeft een bewortelingsdiepte voor gras van 30 cm, een bovengrond van leemarm, matig humeus fijn zand en een fijnzandige ondergrond. Dit profiel wordt verder het fijnzandige profiel genoemd.
- De tweede bodem heeft een bewortelingsdiepte van 20 cm, een bouwvoor van 20 cm (matig humeus, zwak lemig, fijn zand). De ondergrond van dit profiel bestaat

tot 50 cm - mv. uit humusarm fijn zand; daarna bestaat het uit grof zand. Verder wordt dit profiel het grofzandige profiel genoemd.

- De derde bodem heeft een bovengrond van 20 cm leemarm fijn zand, een bewortelingsdiepte van 20 cm, daaronder 30 cm leemarm matig fijn zand, en daaronder leemarm grof zand. Dit profiel wordt het NCB-profiel genoemd.

Voor de eerste bodem werden de bodemfysische gegevens aan de Staringreeks (Wösten et al., 1987) ontleend (bouwstenen B1 en O1). De bodemfysische gegevens voor het *grofzandig* en het *NCB-profiel* werden ontleend aan het bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek Oostelijk Noord-Brabant (Bannink et al., 1985). Het *grofzandig* profiel bestaat uit de bouwstenen B7, O12 en O8, het *NCB-profiel* uit de bouwstenen B2, O12 en O8. De bodemfysische karakteristieken van de drie profielen staan grafisch weergegeven in aanhangsel 4.

Omdat het gaat om de simulatie van droogtegevoelige gronden zijn de simulaties uitgevoerd voor grondwatertrappen VI (*fijnzandig* en *grofzandig* profiel) en VII (*NCB-profiel*).

2.4 Meteorologische gegevens

De meteorologische gegevens kwamen van het KNMI-station vliegbasis Eindhoven. Figuur 1 laat de cumulatieve waarden zien van het verdampingsoverschot (referentiegewasverdamping-neerslag), berekend vanaf de dag dat het neerslagoverschot omslaat in een verdampingsoverschot. Dat is voor elk jaar een verschillende dag. Hieraan is goed te zien of het voorjaar in een bepaald jaar nat of droog was en ook hoe groot het verdampingsoverschot gedurende het jaar is geworden, dus hoe droog de zomer was.

Het jaar 1993 kende een droog voorjaar, terwijl 1992 en 1994 wat dat betreft niet uitzonderlijk waren. Verder is het verdampingsoverschot in 1993 na 1 juli gering gebleven. 1994 vertoonde juist een relatief droge zomer (fig. 1). Voor alle drie de jaren is het verdampingstekort aan het begin van de zomer (ca. dag 200) tot gelijke hoogte (ca. 125 mm) opgelopen.

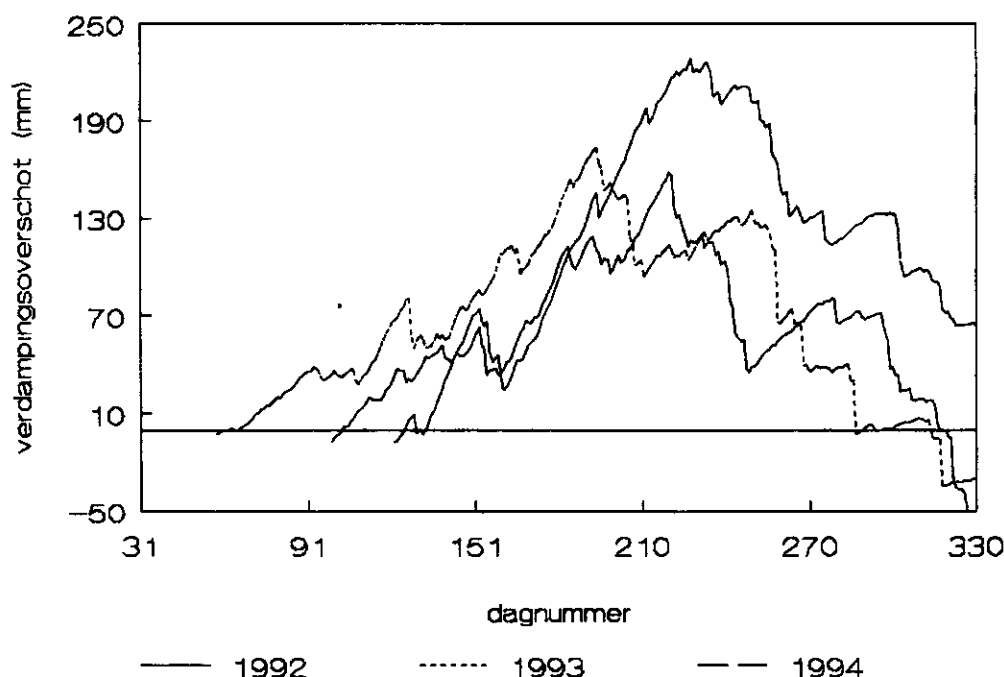


Fig. 1 Cumulatieve verdampingsoverschot (mm) op KNMI-station Eindhoven Vliegbasis in 1992, 1993, en 1994.

2.5 Simulatie van vochttekorten en beregening in de modellen

In SWAGRA dient in verband met de beregening een aantal parameters opgegeven te worden. Allereerst het beregeningscriterium, namelijk de pF-waarde waarbij beregend moet worden (in dit geval 2,3 en 2,7). Daarnaast moet aangegeven worden van welke lagen de pF-waarde maatgevend is voor het beregeningscriterium (ingevoerd zijn de eerste twee lagen over een diepte van 20 cm). Ook moet een capaciteit van de beregeningsinstallatie (50 m³/uur), de bruto beregeningshoeveelheid (25 mm), de beregeningsverliezen (20%) en de beschikbare beregeningstijd per dag (16 uur/dag) opgegeven worden om te bepalen hoeveel tijd de beregening in beslag neemt.

Het model bepaalt iedere dag de pF-waarde voor ieder perceel. Wordt aan het beregeningscriterium voldaan, dan beslist het model tot het uitvoeren van een beregeningsbeurt op het perceel. Indien meerdere percelen beregeningsbehoefstig zijn, dan neemt het model op basis van o.m. de actuele stand van het gewas, een beslissing over het te beregenen perceel.

Vochttekorten waarbij het model de verdamping (en daarmee bijna altijd de productie) reduceert, worden berekend op basis van een aantal op te geven kritische pF-waarden. In de berekeningen begint de verdampingsreductie bij een pF van 2,3 in het geval van een grote verdampingsvraag (5 mm/d) en bij een pF van 2,9 indien er sprake is van een kleine verdampingsvraag (1 mm/d). In de tussenliggende gevallen interpoleert het model de startwaarde voor de reductie. Vanaf de reductiegrens wordt

de verdamping gelijkmatig gereduceerd tot 0 bij het bereiken van het 'praktische verwelkingspunt', in dit geval bij een pF-waarde van 3,9.

In die compartimenten die deel uitmaken van de wortelzone wordt iedere tijdstap de pF-waarde vergeleken met de genoemde grenswaarde en eventueel een reductiefactor (tussen 0 en 1) bepaald waarmee de gewasverdamping wordt gereduceerd.

2.6 Scenario's

De volgende beregeningsscenario's werden in deze studie doorgerekend:

- beregeningsverbod tot 1 juni,
- beregeningsverbod tot 15 juni,
- volledig beregeningsverbod,
- volledige beregening.

De uitkomst van elk scenario wordt vergeleken met de uitkomsten van het scenario met volledige beregening. Voor de drie berekende beregeningsscenario's geldt, dat ze zowel voor een beregeningscriterium van pF 2,3 in de wortelzone als pF 2,7 in de wortelzone werden berekend. Na 15 augustus wordt er niet meer beregend. Beregening vindt plaats gedurende 16 uur per dag.

3 De gras- en arbeidsopbrengsten

De drie bodemprofielen, drie jaren, twee beregeningscriterium en vier beregenings-scenario's (w.o. ook *geen beregening*) vormen 63 combinaties: $3 \times 3 = 9$ combinaties voor de onberegende situatie en $3 \times 3 \times 2 \times 3 = 54$ combinaties. Voor elke combinatie werden arbeidsopbrengst, bruto grasopbrengst en beregeningsefficiëntie van de verschillende beregeningsscenario's in aanhangsel 8 vergeleken met de opbrengsten bij volledige beregening. Voor de overzichtelijkheid zijn in tabel 1 t/m 4 de uitkomsten samengevat, gemiddeld over de drie jaren en de drie profielen.

De bruto beregeningsefficiëntie wordt berekend als de drogestof-meeropbrengst in kg/ha per mm bruto beregening, en de netto beregeningsefficiëntie als de bruto drogestofmeeropbrengst in kg/ha per mm toename van de evapotranspiratie.

3.1 Resultaten en discussie

Bij elk beregeningsscenario ontstaat een specifieke simulatierun. De beregenings-giften veranderen in frequentie en tijd, met als gevolg veranderingen in de gewasgroei. Daardoor verandert de beschikbaarheid van percelen voor uitscharen of voor voederwinning. Het is daardoor niet alleen de bruto gewasgroei die verandert, maar ook het beweidingsschema, de periodes dat het vee eventueel opgesteld moet worden bemesting, beweidingsverliezen, melkopbrengsten etc. In sommige model-scenario's, waarin beregend wordt bij pF 2,3 zijn die afgeleide effecten groter dan de directe effecten op de grasgroei, zodat meer beregenen leidt tot minder grasopbrengst. Het betreft hier steeds het jaar 1994 op het *NCB-profiel*. Aan figuur 4 is te zien dat na dag 120 pF 2,3 voor een korte tijd wordt overschreden in de wortelzone, zodat beregend moet worden. Kort daarna zorgt de natuurlijke neerslag ook voor aanvulling van de wortelzone. Dat bewerkstelligt samen dat de pF-waarde in de wortelzone daalt tot 1,4 (fig. 6). Zo'n lage pF-waarde kan leiden tot zuurstofgebrek bij de wortels en daardoor tot een lagere productie. Tegelijk veroorzaakte de beregening afkoeling van het gewas, en daardoor (bij temperaturen van 10 tot 16 °C) tragere groei.

De arbeids- en grasopbrengsten zonder beregening, met beregening na 1 juni en met beregening na 15 juni zijn gegeven in de tabellen 1-4. Hierin staan ook de opbrengsten bij door volledige beregening. Tevens zijn de beregeningskosten voor de extra droge-stofopbrengst berekend. De scenario's met pF 2,3 en pF 2,7 als beregeningscriterium zijn afzonderlijk weergegeven.

In de laatste kolom in de tabellen 1-4 worden de beregeningskosten gepresenteerd die gemaakt moeten worden om de maximaal mogelijke opbrengst te behalen, zijnde de opbrengst bij de volledig beregende situatie, uitgaande van de situatie in het scenario. Deze kosten zijn in de niet-beregende situatie beduidend lager dan in de scenario's met een beperkt verbod. Dat betekent dat de extra kilo's droge stof die niet geproduceerd kunnen worden vanwege het beperkt beregeningsverbod relatief duur voor de ondernemer zijn.

Toelichting tabellen 1 t/m 4:

(1)	Q_{ber}	bruto beregeningsgift (effectieve gift + verliezen)
(2)	ET_{act}	actuele evapotranspiratie (bodem- + gewasverdamping)
(3)	K_{ber}	variabele kosten voor beregening (zie aanhangsel 2)
(4)	$I_{bedrijf}$	totale arbeidsopbrengst per ondernemer over het hele bedrijf
(5)	P_{bruto}	bruto droge-stofopbrengst over het gehele bedrijf (dus inclusief de optredende verliezen die ca. 20% bedragen)
(6)	$\Delta I_{bedrijf}$	arbeidsopbrengstverschil t.o.v. de volledig beregende situatie (vol) (een positief getal betekent dat er meer verdiend is dan bij volledige beregening)
(7)	ΔP_{bruto}	bruto droge-stofopbrengstverschil t.o.v. volledig beregende situatie
(8)	E_{bruto}	bruto beregeningsefficiëntie = verschil bruto beregeningsgift t.o.v. volledig beregend / toename droge stof t.o.v. volledig beregend
(9)	E_{netto}	netto beregeningsefficiëntie = toename ET_{act} t.o.v. volledig beregend / toename droge stof t.o.v. volledig beregend
(10)	$K_{meeropb}$	de beregeningskosten per kilo meeropbrengst

In de tabellen betekent 'n.v.t.' bij de beregeningsefficiëntie dat de beregeningsgift danwel de evapotranspiratie in het scenario gelijk is aan die van het referentiescenario (volledige beregening).

Bij alle tabellen is op verschillende manieren gemiddeld om de effecten zichtbaar te maken: gemiddeld per jaar en gemiddeld per bodemtype. Deze gemiddelden staan onder de gebroken lijnen in de tabellen.

Tabel 1 Het effect van volledige berekening en een volledige berekeningsverbod op ET_{act} (mm), grasopbrengst (kg) en inkomen (f) op drie bodems voor drie jaren bij berekeningscriterium pF 2,3. Zie de tekst voor een toelichting

Prof.	Jaar	Q_{ber} mm/jr	ET_a mm/jr	K_{ber} f/jr	$I_{bedrijf}$ f/jr	P_{bruto} kg ds/jr	$\Delta I_{bedrijf}$ f/jr	ΔP_{bruto} kg ds/jr	E_{bruto} kg/ha.mm	E_{neto} kg/ha.mm	$K_{meeroph}$ f/kg ds
(toelichting)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
volledig berekend											
fijn	1992	106,0	409,0	4121	56504	210108	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	103,0	352,0	4005	59939	231714	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	108,0	382,0	4199	56642	217071	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	169,0	408,0	6571	54312	212829	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	164,0	348,0	6376	58007	231883	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	169,0	367,0	6571	53679	210230	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	1992	150,0	405,0	3694	55205	207547	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	153,0	351,0	3767	60794	230165	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	175,0	371,0	4309	55517	210634	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
fijn	alle	105,7	381,0	4108	57695	219631	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	alle	167,3	374,3	6506	55332	218314	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	alle	159,3	375,7	3923	57172	216115	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1992	141,7	407,3	4795	55340	210161	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1993	140,0	350,3	4716	59580	231254	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1994	150,7	373,3	5026	55279	212645	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
geen berekening											
fijn	1992	0,0	389,0	0	58945	200662	2441	-9446	6	29	0,56
	1993	0,0	341,0	0	62801	224352	2862	-7362	4	41	0,70
	1994	0,0	345,0	0	56209	194024	-433	-23047	13	38	0,23
grof	1992	0,0	369,0	0	56119	191267	1807	-21562	8	34	0,39
	1993	0,0	318,0	0	61033	213245	3026	-18638	7	38	0,44
	1994	0,0	299,0	0	51786	173825	-1893	-36405	13	33	0,23
ncb	1992	0,0	364,0	0	54877	187684	-328	-19863	8	30	0,27
	1993	0,0	309,0	0	59551	206229	-1243	-23936	10	35	0,23
	1994	0,0	280,0	0	49916	164765	-5601	-45869	16	31	0,14
fijn	alle	0,0	358,3	0	59318	206346	1624	-13285	8	36	0,40
grof	alle	0,0	328,7	0	56313	192779	980	-25535	9	35	0,33
ncb	alle	0,0	317,7	0	54781	186226	-2391	-29889	12	32	0,19
gem.							71	-22903			
alle	1992	0,0	374,0	0	56647	193204	1307	-16957	7	31	0,37
alle	1993	0,0	322,7	0	61128	214609	1548	-16645	7	37	0,38
alle	1994	0,0	308,0	0	52637	177538	-2642	-35107	14	33	0,19
gem.							71	-22903			

Tabel 2 Het effect van een beperkt beregeningsverbod tot 1 juni en 15 juni op ET_{act} (mm), grasopbrengst (kg) en inkomen (f) op drie bodems voor drie jaren bij beregeningscriterium pF 2,3. Zie de tekst voor een toelichting

Prof.	Jaar	Q_{ber} mm/jr	ET_a mm/jr	K_{ber} f/jr	$I_{bedrijf}$ f/jr	P_{bruto} kg ds/jr	$\Delta I_{bedrijf}$ f/jr	ΔP_{bruto} kg ds/jr	E_{bruto} kg/ha.mm	E_{netto} kg/ha.mm	$K_{meeropb}$ f/kg ds
(toelichting)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
beregend vanaf 1 juni											
fijn	1992	94,0	406,0	3655	56416	209907	-88	-201	1	4	2,98
	1993	89,0	351,0	3460	60515	229576	577	-2138	9	132	0,33
	1994	108,0	382,0	4199	56642	217071	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	142,0	403,0	5521	54658	209501	347	-3328	8	41	0,40
	1993	117,0	346,0	4549	59738	228099	1731	-3784	5	117	0,62
	1994	161,0	368,0	6260	52561	208191	-1118	-2039	16	-126	0,20
ncb	1992	131,0	405,0	3226	55820	207121	615	-426	1	n.v.t.	1,59
	1993	114,0	344,0	2807	60513	227907	-282	-2258	4	20	0,62
	1994	164,0	374,0	4038	55157	210929	-360	295	-2	6	-1,33
fijn	alle	97,0	379,7	3771	57858	218851	163	-780	6	36	0,55
grof	alle	140,0	372,3	5443	55652	215264	320	-3050	7	94	0,45
ncb	alle	136,3	374,3	3357	57163	215319	-9	-796	2	37	1,03
gem.							158	-1542			
alle	1992	122,3	404,7	4134	55631	208843	291	-1318	4	31	0,66
alle	1993	106,7	347,0	3605	60255	228527	675	-2727	5	50	0,54
alle	1994	144,3	374,7	4832	54786	212064	-493	-581	6	-27	0,45
gem.							158	-1542			
beregend vanaf 15 juni											
fijn	1992	81,0	409,0	3149	56027	210284	-476	176	-0	n.v.t.	-7,09
	1993	75,0	349,0	2916	60785	228196	847	-3518	8	72	0,40
	1994	108,0	382,0	4199	56642	217071	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	125,0	404,0	4860	54553	208039	241	-4790	7	74	0,46
	1993	78,0	341,0	3033	60738	227476	2732	-4407	3	39	0,97
	1994	147,0	366,0	5715	54928	208760	1250	-1470	4	91	0,75
ncb	1992	125,0	402,0	3078	58136	208379	2931	832	-2	-17	-1,07
	1993	78,0	338,0	1921	61304	224437	510	-5728	5	27	0,47
	1994	150,0	373,0	3694	57600	211482	2084	848	-2	26	-1,05
fijn	alle	88,0	380,0	3421	57818	218517	123	-1114	4	69	0,79
grof	alle	116,7	370,3	4536	56740	214758	1408	-3556	4	55	0,71
ncb	alle	117,7	371,0	2897	59014	214766	1841	-1349	2	18	1,10
gem.							1126	-2006			
alle	1992	110,3	405,0	3696	56239	208901	898	-1261	2	33	1,15
alle	1993	77,0	342,7	2623	60943	226703	1363	-4551	4	37	0,61
alle	1994	135,0	373,7	4536	56390	212438	1111	-207	1	-38	3,20
gem.							1126	-2006			

Tabel 3 Het effect van een beperkt beregeningsverbod op ET_{act} (mm), grasopbrengst (kg) en inkomen (f) op drie bodems voor drie jaren bij beregeningscriterium pF 2,7. Zie de tekst voor een toelichting

Prof.	Jaar	Q_{ber} mm/jr	ET_a mm/jr	K_{ber} f/jr	$I_{bedrijf}$ f/jr	P_{bruto} kg ds/jr	$\Delta I_{bedrijf}$ f/jr	ΔP_{bruto} kg ds/jr	E_{bruto} kg/ha.mm	E_{netto} kg/ha.mm	$K_{meeropb}$ f/kg ds
(toelichting)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
volledig beregend											
fijn	1992	58,0	404,0	2255	57336	209209	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	42,0	350,0	1633	62736	230417	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	64,0	372,0	2488	57358	210690	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	81,0	400,0	3149	56994	206421	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	78,0	342,0	3033	60741	227188	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	100,0	357,0	3888	55229	202543	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	1992	89,0	398,0	2192	57883	204168	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1993	97,0	347,0	2389	60773	228939	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	119,0	358,0	2930	55517	203825	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
fijn	alle	54,7	375,3	2125	59143	216772	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	alle	86,3	366,3	3357	57655	212051	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	alle	101,7	367,7	2503	58058	212311	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1992	76,0	400,7	2532	57405	206599	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1993	72,3	346,3	2351	61416	228848	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
alle	1994	94,3	362,3	3102	56035	205686	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
geen berekening											
fijn	1992	0,0	389,0	0	58945	200662	1609	-8547	9	35	0,34
	1993	0,0	341,0	0	62801	224352	65	-6065	9	42	0,35
	1994	0,0	345,0	0	56209	194024	-1149	-16666	16	38	0,19
grof	1992	0,0	369,0	0	56119	191267	-875	-15154	12	30	0,27
	1993	0,0	318,0	0	61033	213245	292	-13943	11	36	0,28
	1994	0,0	299,0	0	51786	173825	-3443	-28718	18	31	0,17
ncb	1992	0,0	364,0	0	54877	187684	-3006	-16484	11	30	0,19
	1993	0,0	309,0	0	59551	206229	-1222	-22710	14	37	0,15
	1994	0,0	280,0	0	49916	164765	-5601	-39060	20	31	0,11
fijn	alle	0,0	358,3	0	59318	206346	175	-10426	12	38	0,26
grof	alle	0,0	328,7	0	56313	192779	-1342	-19272	14	32	0,22
ncb	alle	0,0	317,7	0	54781	186226	-3276	-26085	16	32	0,14
gem.							-1481	-18594			
alle	1992	0,0	374,0	0	56647	193204	-758	-13395	11	31	0,25
alle	1993	0,0	322,7	0	61128	214609	-288	-14239	12	37	0,22
alle	1994	0,0	308,0	0	52637	177538	-3398	-28148	18	32	0,15
gem.							-1481	-18594			

Tabel 4 Het effect van een beperkt beregeningsverbod tot 1 juni en 15 juni op ET_{act} (mm), grasopbrengst (kg) en inkomen (f) op drie bodems voor drie jaren bij beregeningscriterium pF 2,7. Zie de tekst voor een toelichting

Prof.	Jaar	Q_{ber} mm/jr	ET_a mm/jr	K_{ber} f/jr	$I_{bedrijf}$ f/jr	P_{bruto} kg ds/jr	$\Delta I_{bedrijf}$ f/jr	ΔP_{bruto} kg ds/jr	E_{bruto} kg/ha.mm	E_{neto} kg/ha.mm	$K_{meeroph}$ f/kg ds
(toelichting)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
beregend vanaf 1 juni											
fijn	1992	56,0	404,0	2177	57445	209081	109	-128	4	n.v.t.	0,78
	1993	42,0	350,0	1633	62736	230417	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	1994	64,0	372,0	2488	57358	210690	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	72,0	400,0	2799	54916	204849	-2078	-1572	11	n.v.t.	0,29
	1993	75,0	348,0	2916	61165	229714	424	2526	-52	26	-0,06
	1994	100,0	357,0	3888	55229	202543	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	1992	81,0	396,0	1995	57285	202350	-598	-1818	14	56	0,16
	1993	86,0	340,0	2118	61829	226319	1057	-2620	15	23	0,15
	1994	119,0	358,0	2930	55517	203825	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
fijn	alle	54,0	375,3	2100	59180	216729	36	-43	4	n.v.t.	0,78
grof	alle	82,3	368,3	3201	57103	212369	-551	318	-5	10	-0,63
ncb	alle	95,3	364,7	2347	58211	210831	153	-1479	14	30	0,15
gem.							-362	-401			
alle	1992	69,7	400,0	2324	56549	205427	-856	-1173	11	109	0,24
alle	1993	67,7	346,0	2222	61910	228817	494	-31	0	6	5,76
alle	1994	94,3	362,3	3102	56035	205686	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
gem.							-362	-401			
beregend vanaf 15 juni											
fijn	1992	50,0	403,0	1944	58342	206470	1006	-2739	21	169	0,15
	1993	42,0	350,0	1633	62560	229164	-176	-1253	n.v.t.	n.v.t.	0,00
	1994	64,0	372,0	2488	57358	210690	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
grof	1992	72,0	393,0	2799	56191	202900	-803	-3521	24	31	0,13
	1993	75,0	339,0	2916	60974	226431	233	-757	16	16	0,20
	1994	100,0	357,0	3888	55229	202543	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ncb	1992	78,0	396,0	1921	58151	203698	268	-470	3	15	0,83
	1993	75,0	334,0	1847	60767	224472	-5	-4467	13	21	0,18
	1994	119,0	358,0	2930	55517	203825	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
fijn	alle	52,0	375,0	2022	59420	215441	277	-1331	31	246	0,10
grof	alle	82,3	363,0	3201	57465	210625	-190	-1426	22	26	0,14
ncb	alle	90,7	362,7	2233	58145	210665	87	-1646	9	20	0,24
gem.							58	-1468			
alle	1992	66,7	397,3	2221	57561	204356	157	-2243	15	42	0,18
alle	1993	64,0	341,0	2132	61434	226689	17	-2159	16	25	0,14
alle	1994	94,3	362,3	3102	56035	205686	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
gem.							58	-1468			

In sommige gevallen staat in de laatste kolom een negatief getal, in die gevallen waarbij in de minder intensief beregende situatie meer droge-stofopbrengst gerealiseerd wordt. Dit is een gevolg van de eerder behandelde *toevalsfactoren* die de afzonderlijke uitkomsten enigszins kunnen vertroebelen.

De gepresenteerde getallen moeten met enige voorzichtigheid gehanteerd worden. SWAGRA stelt voor ieder jaar een apart beweidingsschema vast op basis van de mogelijkheden die zich week voor week voordoen. De criteria die hiervoor gehanteerd worden zijn enigszins arbitrair. Het uiteindelijke schema is daardoor in zekere mate onderhevig aan toevalsfactoren. Hoewel deze factoren ook in de praktijk aanwezig zijn, vertroebelen ze de afzonderlijke uitkomsten (Peerboom, 1991). De middeling die in de tabellen 1 t/m 4 plaatsvindt vlakken deze effecten slechts gedeeltelijk uit. In de praktijk kunnen de toevalsfactoren door middeling van 20-30 runs redelijkerwijs verwaarloosd worden. **De uitkomsten zijn derhalve indicatief en de bedragen in de volgende paragrafen zijn afgerond.**

Uit tabel 1 blijkt dat in geval er geen berekening wordt toegepast voor een criterium van pF 2,3, alleen de bedrijven op de fijne en grove zandgronden een winst hebben in 2 van de 3 gekozen jaren. Op de andere bedrijven zal de opbrengst lager zijn dan bij volledige berekening. Gemiddeld over de drie bodemprofielen blijken de inkomsten nu f 71 per jaar hoger te liggen dan bij volledige berekening. Tabel 2 (bovenste deel) geeft de waarden aan voor een beregeningsverbod tot 1 juni. Hieruit blijkt dat de gemiddelde inkomsten van het bedrijf slechts ca. f 100 hoger liggen dan bij een volledige berekening. Bij een beregeningsverbod vanaf 15 juni liggen de gemiddelde inkomsten f 1126 per jaar hoger dan bij een totale berekening. De verschillen tussen de gemiddelden per bodemsoort zijn het grootst in geval van geen berekening. Tussen de beide gedeeltelijke beregeningsverboden ligt een kleiner verschil.

De tabellen 3 en 4 geven dezelfde gegevens weer, maar nu voor een beregeningscriterium pF 2,7. Vergelijken we nu tabellen 3 en 4 met 1 en 2, dan blijkt dat de kosten van berekening inderdaad lager zijn geworden (er wordt minder beregend), maar dat in sommige gevallen de bedrijfsinkomsten zijn toegenomen ten opzichte van de cijfers bij criterium pF 2,3. De inkomensverschillen tussen wel en niet beregend zijn wel veranderd. Zo gaat in dit geval het bedrijfsinkomen er gemiddeld f 1500 gulden op achteruit door i.p.v. volledig te beregenen slechts helemaal niet te beregenen. Zelfs de bedrijven op de grove zandgronden, die in tabel 1 nog winst maakten t.o.v. een volledige berekening, gaan er nu economisch op achteruit. Een beregeningsverbod vanaf 1 juni of vanaf 15 juni schaadt het bedrijfsinkomen in minder gevallen dan bij een totaal beregeningsverbod. Vooral een beregeningsverbod vanaf 15 juni zal voor de hier doorgerekende bedrijven gemiddeld een minimaal inkomstenverlies opleveren, zeker in vergelijking met de inkomsten bij volledige berekening en criterium pF 2,3.

In de figuren 2 t/m 4 is weergegeven hoe de pF-waarden in de wortelzone van de 9 percelen voor alle drie de profielen verloopt, zonder berekening, in de jaren 1992, 1993 en 1994. (De figuren van de overige combinaties van jaren en profielen staan in aanhangsel 10).

In de drie onderzochte jaren treedt pas in juli (na dag 180, zie fig. 2 t/m 4) continu verdampingsreductie op, waarbij de pF-waarde in de wortelzone boven de 2,9 komt. Reductie van de verdamping vindt plaats vanaf het moment dat de pF-waarde in de wortelzone een waarde van 2,3 bereikt en de verdampingsvraag hoog is. Bij een wat lagere verdampingsvraag treedt echter pas reductie op bij een hogere waarde van de pF. In het traject tussen pF 2,3 en 2,9 vindt er al dan niet reductie plaats afhankelijk van de verdampingsvraag, vanaf pF 2,9 treedt altijd reductie op (zie ook par. 2.9). Met name in de aanloop van de zomer waarbij de verdampingsvraag relatief laag is, is de grens van pF 2,9 een redelijke maat voor de verdampingsreductie.

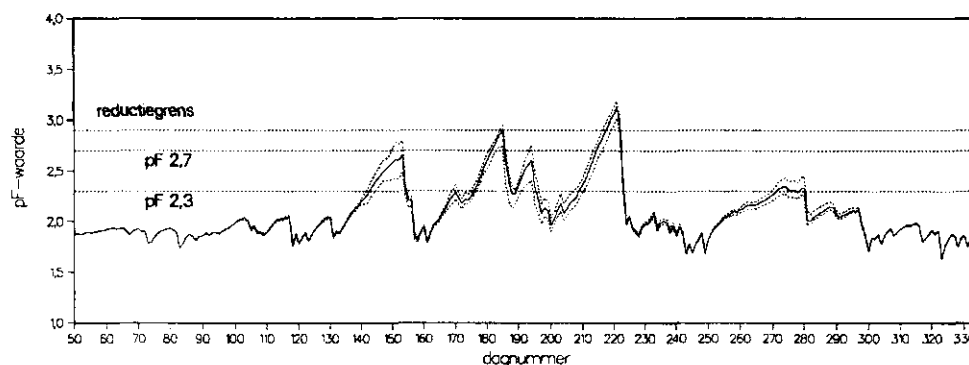


Fig. 2 Gemiddeld verloop en extremen van de pF-waarde in 1992 in het fijnzandig profiel, onberegend

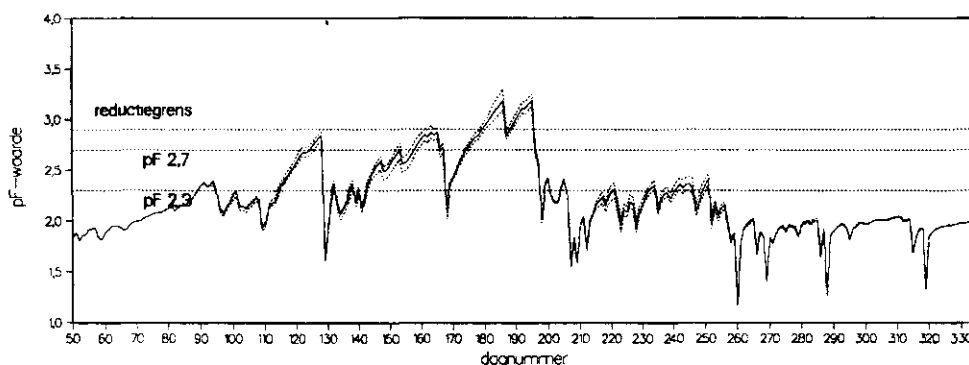


Fig. 3 Gemiddeld verloop en extremen van de pF-waarde in 1993 in het grofzandig profiel, onberegend

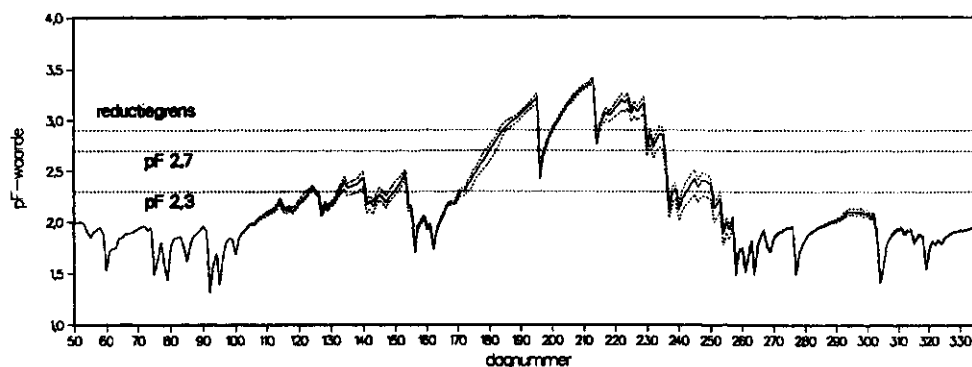


Fig. 4 Gemiddeld verloop en extremen van de pF-waarde in 1994 in het NCB-profiel, onberegend

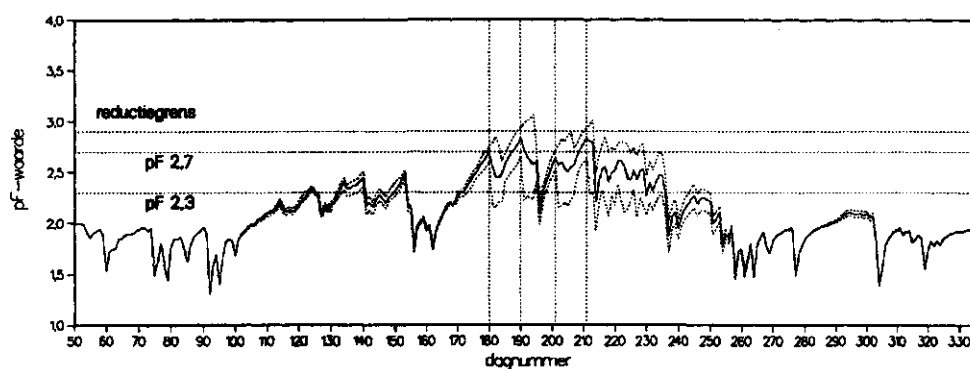


Fig. 5 Gemiddeld verloop en extremen van de pF-waarde in de wortelzone bij volledige beregening bij pF 2,7 in 1994 op het NCB-profiel

Figuur 5 laat zien dat op enkele percelen gedurende 1 tot 3 dagen de drukhoogte boven pF 2,9 stijgt, ondanks de beregening. Dit komt omdat er 4 tot 5 dagen nodig zijn om het bedrijf geheel te beregenen, en de beregeningsgift van 20 mm netto in die periode volledig werd verdampt. Aangezien in de praktijk vaak sprake is van een continue rotatie van de beregening op het bedrijf, is het moeilijk in de figuur aan te geven op welke dagen beregend is.

In figuur 6 is goed te zien dat zeer intensieve beregening kan leiden tot pF-waarden in de wortelzone die de luchthuishouding in de grond kunnen verstoren waarbij tevens verdampingsreductie optreedt ($pF < 1,4$, zie o.m. dag 155).

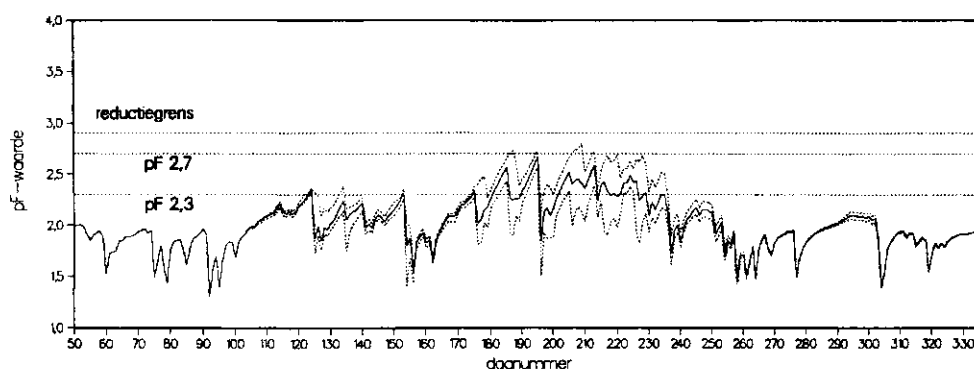


Fig. 6 Gemiddeld verloop en extremen van de pF-waarde in de wortelzone bij volledige beregening bij pF 2,3 in 1994 op het NCB-profiel

Het effect van het gedeeltelijk beregeningsverbod is bij het fijnzandig en het grofzandig profiel gemiddeld niet negatief op het arbeidsopbrengst. Dat is voornamelijk het gevolg van twee zaken: Tot 1 juni (of 15 juni) is de verdampingsvraag nog niet erg hoog, en de vochtvoorraad net onder de wortelzone levert nog enkele tientallen mm na. In het geval van het NCB-profiel is de vochtvoorraad aan het begin van het seizoen kleiner, en treedt dus eerder vochttekort op. Daarom levert het voorjaar van 1993 hier wel transpiratiereductie op en heft beregening voor 1 juni dit vochttekort op.

3.2 Conclusies

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd:

- Volledige beregening bij pF 2,3 levert in de bestudeerde jaren in de meeste gevallen geen meer-inkomen vergeleken met helemaal niet beregenen. Alleen op het fijnzandige en grofzandige profiel zou het in twee van de drie jaren voordeliger kunnen zijn om niet te beregenen.
- Een beperkt beregeningsverbod bij pF 2,3 (tot 1 of 15 juni) levert in de meeste gevallen een betere arbeidsopbrengst (max. f 1 700) dan volledig beregenen bij pF 2,3.
- Volledig beregening bij pF 2,7 levert meestal minimale tot enige (max. ruim f 50 000) winst op, vergeleken met niet beregenen.
- Een beperkt beregeningsverbod bij pF 2,7 (tot 1 of 15 juni) levert even vaak winst als verlies op in vergelijking met volledig beregenen.
- De beregeningsefficiëntie neemt door het beregeningsverbod toe, dat wil zeggen dat de beregening die niet plaatsvindt als gevolg van het verbod niet erg effectief zou zijn.
- De gerealiseerde bruto waterbesparingen bij een beperkt verbod variëren van 0 mm/jaar (fijnzandig profiel 1994) tot maximaal 86 mm/jaar (grofzandig profiel 1993, pF 2,3 verbod tot half juni).
- Een volledig verbod zou minimaal 42 mm/jaar (fijnzandig profiel 1993, pF 2,7) en maximaal 175 mm/jaar (NCB-profiel 1994, pF 2,3) aan bruto waterbesparingen opleveren.

Samenvattend kan gesteld worden dat beregening bij een pF van 2,7 in veel gevallen onnodige beregening voorkomt in het voorjaar. Bij een criterium van pF 2,3 vindt deze overbodige beregening wel plaats. Het gedeeltelijk beregeningsverbod in het voorjaar heeft derhalve een licht positief effect bij het hanteren van een beregeningscriterium van pF 2,3. De mogelijkheid om laat te starten met de beregening wordt mede bepaald door de beschikbare capaciteit. In dit onderzoek is hier geen uitwerking aan gegeven.

4 Mineralenbalans van stikstof en fosfor

In de voorgaande hoofdstukken is ingegaan op de gevolgen van berekening op grasland voor de gewasproductie en het inkomen. Dit is gedaan bij de drie doorgerekende grondsoorten in de respectievelijke jaren. Momenteel bestaat er daarnaast ook aandacht voor de gevolgen van berekening op de mineralenbalans. In enkele aanvullende berekeningen is gekeken naar de consequenties van de in de voorgaande hoofdstukken weergegeven veranderingen in de voedervoorziening en bemesting voor het stikstof- en het fosforoverschot.

4.1 Theoretische benadering

In dit hoofdstuk wordt de verandering van het stikstof(N)- en fosfor(P)-overschot door berekening weergegeven. In deze paragraaf worden de veranderingen van aan- en afvoerposten van mineralen kwalitatief beschreven. Allereerst volgt een definitie van het stikstof- en fosforoverschot:

- Het stikstofoverschot is het verschil tussen de aanvoer van stikstof naar, en de afvoer van stikstof (N) van het bedrijf. Het stikstofoverschot wordt uitgedrukt in kg stikstof(N) per hectare bedrijfsoppervlakte.
- Het fosforoverschot is het verschil tussen de aanvoer van fosfor naar, en de afvoer van fosfor (P) van het bedrijf. Het overschot wordt uitgedrukt in kg fosfor(P) per hectare bedrijfsoppervlakte. In deze studie gaat het om aanvoer van mineralen met ruwvoer, krachtvoer en kunstmest. Afvoer van mineralen gebeurt via melk, vlees en eventueel ruwvoer.

Let op dat fosfor niet verward wordt met fosfaat. Immers, 1 kg fosfaat (P_2O_5) is 2,29 kg fosfor (P). In deze notitie wordt steeds gesproken over fosfor en niet over fosfaat.

4.1.1 Stikstofoverschot

Het stikstofoverschot wordt voornamelijk bepaald door de aanvoer van krachtvoer, kunstmest en ruwvoer en de afvoer van melk, vlees en ruwvoer. De afvoer van melk en vlees bij eenzelfde uitgangssituatie mag in een situatie met en zonder berekening constant verondersteld worden. Aan de hand van de situatie met het NCB-profiel zonder berekening en berekening bij pF 2,7 in 1994 wordt een en ander duidelijk gemaakt.

Bemesting

Volgens het bemestingsadvies wordt per snede met stikstof bemest. Een groter aantal sneden leidt tot een hogere stikstofbemesting. Daarnaast is de snedezwaarte van belang voor de hoogte van de stikstofgift. Bij lichte sneden hoeft er minder bemest te worden, omdat er nog benutbare stikstof van een eerdere gift in de bodem is achtergebleven (Vellinga et al., 1993). Droogte leidt tot een vertraging van de grasgroei. Dit leidt tot oogst van minder sneden, terwijl bovendien de sneden over het algemeen lichter zijn. Hierdoor moet volgens het bemestingsadvies de stikstofbemesting gekort worden. Bij opheffing van het vochttekort door berekening neemt het

gewas meer stikstof op, zodat de productie stijgt. De stikstofbemesting, en daarmee ook de aanvoer van stikstof met kunstmest, stijgt dan door beregening.

Als het gras afsterft door *niet* te beregenen, moet herinzaai plaatsvinden aan het eind van het groeiseizoen. Dit betekent dat een flinke hoeveelheid extra ruwvoer moet worden aangekocht en veel organische stikstof uitspoelt door het scheuren van grasland. Een extra hoeveelheid stikstof moet dan in het begin van het volgende groeiseizoen gegeven worden.

Voeding

Beregening leidt tot een hogere grasproductie. Daarom hoeft in de zomer minder ruwvoer te worden bijgevoerd en hoeft er voor de winter minder ruwvoer te worden aangekocht. In geval van een ruwvoerverschot kan er meer voer worden verkocht. De aanvoer van stikstof met ruwvoer daalt daarom door beregening. In geval van ruwvoerverkoop stijgt de afvoer van stikstof met ruwvoer. De invloed van beregening op de aankoop van krachtvoer lijkt vrij klein, maar na een langdurige periode van droogte, zonder beregening, spelen ook de volgende zaken een rol. De voederwaarde van het gras daalt sterk. Zonder beregening moet dan extra krachtvoer aan het vee gevoerd worden. Dit kan oplopen tot 4 kg per koe per dag. Verder weidt het vee het gras na een langdurige periode van droogte niet goed af. Ook dit leidt tot extra voeding van krachtvoer aan de veestapel.

Overschot

De verandering van het stikstofoverschot wordt voornamelijk bepaald door de aanvoer van kunstmest en voer. De mate van verandering is vooral afhankelijk van de efficiëntie waarmee stikstof de grasgroei beïnvloedt. Verder is het soort voer dat wordt aangekocht bij droogte ook van belang. Voeer met een laag stikstofgehalte (maïs) drukt hiermee de aanvoer van stikstof. Het DVE-gehalte (een kwaliteitsmaat) van zulke voedermiddelen is over het algemeen ook vrij laag, zodat aanvoer van eiwitrijke brok noodzakelijk is. In geval van maïs is de voederwaarde hoger dan bij graskuil. Hierdoor is juist minder krachtvoer nodig. Per saldo lijkt de wijziging van aanvoer van stikstof met krachtvoer niet groot.

Bij een korte periode van droogte is theoretisch een lichte stijging van het stikstofoverschot te verwachten. De verminderde aanvoer van stikstof met voer zal de extra stikstofbemesting niet kunnen compenseren.

Bij een langere periode van droogte leidt beregening ertoe dat de voederwaarde van het gras niet op peil blijft. Zonder beregening zou meer krachtvoer noodzakelijk zijn. Het stikstofoverschot zal door beregening dan nauwelijks stijgen of misschien zelfs dalen.

In geval het gras afsterft zonder beregening, moet herinzaai plaatsvinden. Uitspoeling van stikstof is hier het gevolg van. In het opvolgende groeiseizoen is daardoor meer stikstofbemesting noodzakelijk, zodat dan ook het stikstofoverschot stijgt.

Bovenstaande theorie geldt, mits alleen beregend wordt op grasland, in geval van droogte de bemesting gekort wordt (Vellinga, 1993), maïs wordt aangekocht in geval

van ruwvoertekort en het stikstofgehalte in de mest gelijk wordt verondersteld bij beregening.

Wanneer bij relatief weinig vochttekort al begonnen wordt met beregenen (bijvoorbeeld bij pF 2,3), wordt de extra stikstof minder efficiënt gebruikt voor de groei van het gewas dan bij een groter vochttekort (pF 2,7). Theoretisch is beregenen bij een pF 2,3 dus minder gunstig voor het mineralenoverschot dan beregenen bij pF 2,7. Hetzelfde gaat in principe op voor een beperking van beregening. Als het hele jaar door beregend kan worden, mag verwacht worden dat meer extra kunstmest voor de gewasgroei nodig is dan bij een verbod over een bepaalde periode. Afhankelijk van de periodes met een vochttekort en de intensiteit van het vochttekort, hoeft er voor 1 of 15 juni niet of nauwelijks extra met stikstof bemest te worden. Hierdoor kan het voorkomen dat het stikstofoverschot bij het hele jaar door beregenen met dezelfde hoeveelheid verandert als bij een beperking tot 1 of 15 juni.

Beregening van maïs

Maïs wordt in het voorjaar eenmalig bemest. Stagnatie van de groei door een periode van droogte tijdens de kolfzetting en bloei leidt tot een opbrengstderving van het gewas, zodat (extra) voeraankoop noodzakelijk is. Hiermee worden ook mineralen aangevoerd. Beregening in die bewuste droogteperiode zorgt ervoor dat de beschikbare mineralen beter worden benut en wel een normale opbrengst gehaald wordt. Extra aanvoer van voer en mineralen is zo niet nodig. Beregening van maïs in een periode van droogte tijdens de bloei en kolfzetting heeft zo een dalende invloed op het stikstofoverschot.

Stikstof in de mest

Praktische bemestingsadviezen houden rekening met een werkzaam stikstofgehalte in de mest van ca. 2,2 kg/ton mest. Voeding heeft echter invloed op het stikstofgehalte in de mest. Beregening leidt tot een hogere grasgroei. In geval van ruwvoertekort bestaat het winterrantsoen van het vee vaak voor een groter deel uit graskuil dan zonder beregening. De hoeveelheid stikstof in kuilgras is over het algemeen groter dan in kuilmaïs. Hierdoor komt over het algemeen meer stikstof in de mest terecht bij beregening, zodat minder stikstof uit kunstmest nodig is. Een hoger stikstofgehalte in de mest, zoals wellicht bij beregening, heeft een dalende invloed op het stikstofoverschot.

4.1.2 Fosforoverschot

Evenals bij stikstof, wordt de verandering van het fosforoverschot bij beregening voornamelijk bepaald door bemesting en voeding. De afvoer van melk en vlees blijft op eenzelfde niveau bij beregening. Een groot deel van de uitspraken over het stikstofoverschot gelden ook voor het fosforoverschot.

Bemesting

Bemesting van grasland met fosfor wordt volgens het bemestingsadvies theoretisch onder andere beïnvloed door het maaipercantage en de snedezwaarte (IKC, 1993). Door beregening stijgen het maaipercantage en de snedezwaarte, zodat het grasland

een hogere fosforbemesting vraagt dan in een onberekende situatie. Als nog altijd fosfor met kunstmest in het groeiseizoen gebruikt wordt om aan de landbouwkundige behoefte te voldoen, leidt berekening tot extra aanvoer van fosfor met kunstmest.

Bemesting van fosfor echter, gebeurt veelal vroeg in het seizoen. Vaak wordt dan voor het gehele groeiseizoen al fosfor toegediend. Dit gebeurt dan vooral met dierlijke mest. Op intensieve bedrijven produceren de dieren (koeien en varkens) vaak zoveel dierlijke mest, dat de fosforbehoefte van het grasland meer dan gedekt wordt. Als dan droogte in het groeiseizoen optreedt, blijft er fosfor onbenut in de bodem, die 'normaal' in het gewas terecht zou komen. In zulke gevallen leidt berekening niet tot extra fosforbemesting, maar tot extra benutting van fosfor. Het gewas groeit harder en neemt meer fosfor op. Let wel dat het landbouwkundige advies dan niet meer goed gevolgd kan worden. **Deze situatie komt op de Brabantse zandgronden veelvuldig voor.**

Voeding

Berekening leidt tot een daling van ruwvoeraankopen. In geval van een ruwvoeroverschot leidt berekening tot extra afvoer van ruwvoer. Hierdoor wordt minder fosfor met ruwvoer aangevoerd (of meer afgevoerd in geval van ruwvoeroverschot). Evenals bij stikstof, lijkt de invloed van berekening op de aanvoer van krachtvoer klein. Echter, na een periode van langdurige droogte daalt de voederwaarde van het gras zo sterk dat extra krachtvoer noodzakelijk is. Dit leidt dan tot extra aanvoer van fosfor met krachtvoer in de onberekende situatie.

Overschot

Door de grotere bemestingsbehoefte van fosfor bij berekening kan het fosforoverschot licht stijgen. Dit geldt alleen in situaties waarbij nog steeds fosfor met kunstmest gedurende het gehele seizoen wordt gestrooid om aan de bemestingsbehoefte te voldoen en de periode met droogte kort is. Bij een langdurige droogteperiode en toedienen van fosfor in het hele seizoen leidt droogte met extra aanvoer van krachtvoer wellicht tot een hoger fosforoverschot.

Wanneer geen fosfor met kunstmest meer gebruikt wordt (zoals veelal in de Brabantse situatie), leidt berekening theoretisch tot een daling van het fosforoverschot. Immers, door berekening is de grasgroei groter, zodat minder voeraankoop voor de winter noodzakelijk is. Hiermee wordt ook minder fosfor aangevoerd naar het bedrijf. Omdat de bemesting op een gelijk niveau blijft daalt hierdoor het fosforoverschot. In een situatie met een wettelijke verliesnorm voor fosfor zal mestafzet door berekening gereduceerd worden. Dit kan ook een kostenvoordeel opleveren. Dus, stijging of daling van het fosforoverschot lijkt afhankelijk van het tijdstip en de grootte van de bemestingsgift. De verandering van het fosforoverschot door berekening lijkt in het algemeen klein.

Evenals bij de verandering van het stikstofoverschot, is het theoretisch minder gunstig voor het mineralenoverschot bij vrij snel berekenen (pF 2,3) dan wanneer gewacht wordt tot een groter vochttekort (pF 2,7). Bij een verbod tot 1 of 15 juni is de verandering van het fosforoverschot weer afhankelijk van de lengte van de

droogteperiode en het feit of in het begin van het groeiseizoen voor het hele jaar bemest is.

Berekening van maïs

Maïs wordt in het voorjaar eenmalig bemest met fosfor. Minder gewasopbrengst door een periode van droogte tijdens de kolfzetting en bloei leidt tot een opbrengstderving van het gewas, zodat (extra) voeraankoop noodzakelijk is. Hiermee worden ook extra mineralen aangevoerd. Berekening in de gestelde droogteperiode leidt wel tot een 'normale' opbrengst van maïs. Evenals bij het stikstofoverschot leidt berekening van maïs ook tot een daling van het fosforoverschot.

4.2 Modelmatige benadering

In de vorige paragraaf is de theorie beschreven over de verandering van mineralenoverschotten door berekening. In deze paragraaf wordt beschreven hoe de mineralenoverschotten veranderen in de modelberekeningen die weergegeven zijn in hoofdstuk 3. Hiertoe is de mineralenbalans bepaald middels enkele aanvullende berekeningen. In aanhangsel 8 is het effect van berekening op de mineralenbalans bij de begrootte bedrijfssituaties weergegeven.

Het is belangrijk om te weten dat in de begrote situaties alleen grasland wordt berekend, zowel stikstof als fosfor volgens het landbouwkundige advies worden toegediend en nog altijd een fosforbemesting met kunstmest uitgevoerd wordt in het groeiseizoen om in de landbouwkundige behoefte te voorzien.

4.2.1 Stikstofoverschot

De verandering van het stikstofoverschot in aanhangsel 8 is vrij klein. In de afzonderlijke begrotingen neemt het stikstofoverschot maximaal 12 kg per ha toe of af. Op een totaal van ca. 350 is de verandering dus maximaal 3,5 %. In de in aanhangsel 8 weergegeven tabellen lijkt de tendens aanwezig te zijn dat het stikstofoverschot toeneemt bij berekening. Dit komt vrij goed overeen met de beschreven theorie voor een korte droogteperiode (zie paragraaf 4.1.1), immers het betreft alleen berekening op grasland, het stikstofgehalte van de mest blijft gelijk en het bemestingsadvies is gevolgd. De spreiding is echter groot en het resultaat is zeker niet eenduidig en consistent. In een aantal gevallen daalt het stikstofoverschot door berekening.

Op basis van de theorie is te verwachten dat het stikstofoverschot bij pF 2,3 sterker toeneemt dan bij pF 2,7. Dit is niet consequent het geval. Bij pF 2,7 is de verandering van het stikstofoverschot bij het hele jaar door berekenen en bij een verbod tot 1 juni vaak gelijk. Dit komt doordat er voor 1 juni nog niet veel berekend hoeft te worden als er pas bij een pF-waarde van 2,7 wordt begonnen. Dit is ook aangegeven in het hoofdstuk 3. Verder is in aanhangsel 8 geen eenduidig effect te zien van de invloed van een beregeningsverbod op het stikstofoverschot. De overschotten weergegeven in

tabel 5 laten ook geen eenduidig effect van de verschillende weerjaren op de verandering van het stikstofoverschot zien.

Tabel 5 Verandering van het stikstofoverschot (kg N/ha) door berekening bij pF 2,7, voor het grofzandige en het NCB-profiel in de jaren 1992, 1993 en 1994, tov geen berekening. Een positief getal betekent dat het overschot groter wordt door berekening in een bepaalde periode waarin berekening is toegestaan

Bodem	Berekening		
	vanaf 1 juni	vanaf half juni	volledig
<i>Grofzandig profiel</i>			
1992	-2,8	-2,6	-8,1
1993	+2,3	+3,8	+5,7
1994	-1,5	-1,5	-1,5
gemiddeld	-0,7	-0,1	-1,3
<i>NCB-profiel</i>			
1992	+5,8	-0,9	+2,8
1993	+8,9	+7,0	+6,9
1994	+5,2	+5,2	+5,2
gemiddeld	+6,6	+3,8	+5,0

4.2.2 Fosforoverschot

Aanhangsel 8 laat een kleine verandering van het fosforoverschot zien. Het fosforoverschot in de uitgevoerde berekeningen neemt door berekening maximaal met 3 kg fosfor per ha toe, terwijl de afname maximaal 1 kg fosfor per ha is. Verder lijkt het fosforoverschot bij berekening te stijgen. Omdat er nog steeds kunstmest voor de fosforbemesting wordt gebruikt, lijkt deze tendens in overeenstemming met de geschetste theorie (paragraaf 4.1.2). In een aantal situaties echter daalt het fosforoverschot.

Bij pF 2,7 verandert het fosforoverschot bij een verbod tot 1 juni op dezelfde wijze als het hele jaar door berekend kan worden (zie ook aanhangsel 8). Evenals bij de verandering van het stikstofoverschot, moet de geringe hoeveelheid die voor 1 juni wordt berekend als verklaring hiervan gezien worden.

In de modelberekeningen met het 'normbedrijf' is gebruik van kunstmestfosfor gedurende het gehele groeiseizoen nog aan de orde. Jongvee en andere diersoorten (varkens, kippen) zijn niet aanwezig verondersteld. Hierdoor is er te weinig mest aanwezig om in de landbouwkundige behoefte te voorzien. De bemesting kan met kunstmest gemakkelijker aangepast worden aan minder gunstige groeiomstandigheden, zodat berekening in de modelberekeningen extra fosforbemesting vergt.

4.2.3 Tekortkomingen van het modelinstrumentarium

Behalve de tendens dat het stikstof- en het fosforoverschot stijgen door berekening van grasland als de landbouwkundige adviezen voor bemesting gevolgd worden, leiden de berekeningen niet tot een eenduidig en logisch resultaat. De theoretische

aspecten van paragraaf 4.1 zijn niet allemaal goed in de berekeningen meegenomen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het modelinstrumentarium waarmee gerekend is. Het instrumentarium is voorheen gebruikt om het effect van berekening op grasgroei en economie in beeld te brengen (Metselaar et al., 1991). In opdracht van de Provincie is voor deze studie hetzelfde modelinstrumentarium gebruikt. Destijds, 1991, is echter nog geen rekening gehouden met een mineralenbalans. Immers, het werken met een mineralenbalans was nog niet in beeld en voornamelijk nog toekomstmuziek. Aanvoer, afvoer en benutting van mineralen zijn hierdoor niet optimaal in het modelinstrumentarium verwerkt. Ook de huidige kennis en wetgeving zijn niet in die rekenprocedure verwerkt. Dit heeft gevolgen voor de mineralenbalans. Een aantal oorzaken zijn:

- De beslisregels voor het graslandgebruik in de gebruikte rekenprocedure zijn veranderd. Dit heeft gevolgen voor de stikstofbemesting, zodat de aanvoer van stikstof met kunstmest kan wijzigen. Nieuwe beslisregels voor het graslandgebruik zijn gecombineerd met het nieuwe stikstofbemestingsadvies (Vellinga, 1993) en verwerkt in andere rekenmodellen.
- De bemesting van fosfor is in de rekenprocedure erg gebrekkig meegenomen. Dit element loopt zijdelings bij de berekeningen mee, terwijl er van het huidige bemestingsadvies wordt afgeweken.
- In de gehanteerde rekenprocedure wordt krachtvoer op basis van het 'oude' VRE-systeem verstrekt. Dit is voeding op basis van verteerbaar ruw eiwit van het voer. Tegenwoordig wordt gebruik gemaakt van het DVE/OEB-systeem. Hierbij wordt uitgegaan van darm verteerbaar eiwit in het voer, terwijl ook rekening wordt gehouden met OEB (onbestendig eiwit balans). De hoeveelheid krachtvoer die gevoerd wordt, kan in de gehanteerde rekenprocedure anders zijn dan nu in de praktijk geadviseerd wordt. Ook de hoeveelheid stikstof en fosfor die met krachtvoer aangevoerd wordt, kan dan wijzigen. De invloed van berekening op de aanvoer van krachtvoer is hierdoor moeilijk in te schatten.
- In de gehanteerde rekenprocedure wordt onvoldoende rekening gehouden met de benutting van de beschikbare dierlijke mest. Werking en gehalten van de mest zijn onder andere minder goed ingeschat dan op basis van de huidige kennis kan. Ook de beschikbare hoeveelheid dierlijke mest is gebrekkig berekend en kan met de huidige kennis beter worden ingeschat.
- Lagere voederwaarde van het gras bij een langdurige periode van droogte zit niet in het rekeninstrumentarium. Dit leidt tot te weinig aanvoer van krachtvoer bij een langdurige droogteperiode.
- Na een langdurige droogteperiode kan sterfte van het gras optreden als niet berekend wordt. Herinzaai leidt dan tot forse stikstofverliezen. Ook dit is in de berekeningen niet meegenomen.
- Elke bedrijfssituatie is maar één keer doorgerekend. Hierdoor kunnen 'toevallige' uitschieters als resultaat gegenereerd worden. Vaker doorrekenen van een bedrijfssituatie, een kleine wijziging in het beweidingsschema, leidt tot een betrouwbaarder resultaat voor de mineralenbalans.

Bovengenoemde tekortkomingen van de rekenprocedure hebben invloed op de mineralenbalans. Genoemde zaken zijn wel in modellen verwerkt die tegenwoordig gebruikt worden (Van Alem en Van Scheppingen, 1993; Schreuder et al., 1994). Geconcludeerd kan worden dat met het op verzoek van de opdrachtgever gebruikte

rekeninstrumentarium een nauwkeurige inschatting van de mineralenbalansen niet mogelijk is.

4.3 Discussie

4.3.1 Stikstofoverschot

In de literatuur wordt over het stikstofoverschot bij berekening geen duidelijke uitspraak gedaan. Wel wordt aangegeven dat de gegeven stikstof beter benut wordt bij berekening (Bleumink en Buys, 1995; Noij et al., 1995; Wouters et al., 1992). Wouters et al. geven hierbij wel aan dat de benutting van stikstof op grasland alleen beter is als met de bemesting geen rekening wordt gehouden met droogte. Wanneer de stikstofgift op grasland gecorrigeerd wordt voor droogte in de onberegende situatie, is de benutting bij berekening niet beter (Wouters et al., 1992).

Zonder een duidelijke uitspraak te doen, laten Noij et al. in tabellen zien dat het stikstofoverschot bij berekening hoger is dan zonder berekening.

Verder blijkt uit een aantal studies dat een lagere stikstofgift op grasland tot een kleiner stikstofoverschot leidt. Zelfs al is er sprake van voeraankoop. De verliezen voor de productie van het gewas vinden immers niet meer op het eigen bedrijf plaats (Schreuder et al., 1995, Mandersloot, 1992). Dit kan vergeleken worden met een korte droogteperiode, waarbij de droogte geen invloed heeft op de voederwaarde van het gras.

Berekening van maïs leidt wel tot een verbetering van de stikstofbenutting, omdat de bemesting volledig in het voorjaar gebeurt. Bij droogte later in het groeiseizoen kan niet meer op de bemesting gecorrigeerd worden, zoals dat bij grasland wel gebeurt.

4.3.2 Fosforoverschot

In de literatuur wordt aangegeven dat het fosforoverschot op de mineralenbalans daalt als gevolg van berekening (Noij et al., 1995 en Bleumink en Buys, 1995). Bij genoemde studies wordt echter geen fosfor met kunstmest gebruikt. In geval van berekening gebeurt dit ook niet, terwijl minder fosfor met voer wordt aangevoerd. Dit leidt tot een daling van het fosforoverschot bij berekening. Het verschil in fosforoverschot kan daardoor wel 5 kg per ha bedragen (Noij et al., 1995). Wanneer wel extra fosfor met kunstmest in het groeiseizoen wordt toegediend bij berekening, is het beeld anders (paragraaf 4.1.2). Het fosforoverschot kan dan licht stijgen.

Op erg intensieve bedrijven wordt meestal geen fosfor met kunstmest meer aangevoerd. De reden hiervoor is dat de aanwezige dieren, koeien en varkens, zoveel mest produceren dat de behoefte aan fosfor in zijn geheel met dierlijke mest gedekt kan worden. Berekening leidt dan tot een betere benutting van deze fosfor en tot een daling van het fosforoverschot. Wanneer met een verliesnorm gewerkt gaat worden (vanaf 1998, zoals het beleid er nu in 1997 uitziet), kan de mestafvoer door

berekening beperkt worden. Hierdoor kunnen kosten voor mestafvoer bespaard worden. Het economisch plaatje komt er dan heel anders uit te zien. Nader onderzoek naar verandering van (niveaus van) mineralenoverschotten op erg intensieve bedrijven is daarom ook gewenst.

4.4 Conclusies

Met het gebruikte rekeninstrumentarium is het niet mogelijk om de effecten van berekening op de mineralenbalans nauwkeurig in te schatten. Met modellen anno 1997, waarin de huidige wetgeving en kennis verwerkt is, denken we deze effecten beter te kunnen inschatten. Voor de hier uitgevoerde studie is gebruik gemaakt van het oude instrumentarium omdat de Provincie Noord-Brabant de resultaten wilde vergelijken met die van eerdere studies die met dit instrumentarium zijn uitgevoerd.

De veranderingen van het stikstof- en fosforoverschot op de mineralenbalans door berekening lijken klein voor de doorgerekende bedrijfssituatie, met de gegeven weerjaren en grondsoorten waarbij alleen grasland berekend wordt en volgens het advies bemest wordt. In die gevallen lijkt het stikstofoverschot licht te stijgen.

Stijging of daling van het stikstofoverschot door berekening is globaal afhankelijk van de lengte van de droogteperiode (wel/geen invloed op voederwaarde of sterfte van het gras), het gewas dat berekend wordt en opvolgen van bemestings- en voedingsadviezen.

Over het algemeen lijkt theoretisch een lichte stijging van het stikstofoverschot op de mineralenbalans te verwachten door berekening, *mits* de volgende voorwaarden gelden:

- alleen het grasland berekenen;
- bemesten volgens het advies, dus korting van de stikstofgift in een droogteperiode;
- maïs aankopen in geval van ruwvoertekort;
- de droogteperiode van korte duur is;
- de hoeveelheid stikstof in de mest niet wijzigt in een situatie met berekening.

Bij andere voorwaarden stijgt het stikstofoverschot minder of daalt het juist.

Het effect van berekening op het fosforoverschot is wisselend. Als nog steeds fosfor met kunstmest gedurende het groeiseizoen gebruikt wordt voor bemesting, kan een lichte stijging van het fosforoverschot optreden. Wanneer fosfor (uit kunstmest en dierlijke mest) voornamelijk vroeg in het voorjaar wordt toegediend, kan het fosforoverschot dalen bij berekening. Let wel dat op deze manier niet altijd volgens het advies wordt bemest.

5 Algemene discussie en conclusies

Onder de meteorologische omstandigheden van de doorgerekende jaren 1992 t/m 1994 heeft het beregeningsverbod tot 1 of 15 juni op de doorgerekende bodemtype en nauwelijks opbrengstdaling veroorzaakt (tabel 8). Voor een belangrijk deel komt dit doordat in de betreffende jaren op de verschillende bodemtypen er nauwelijks vochttekorten optraden voor deze data. Ook blijkt uit de berekeningen dat een beregeningscriterium van pF 2,3 minder doelmatig is dan een criterium van pF 2,7. Dit is een gevolg van het feit dat in het voorjaar de pF vaker reikte tot een waarde pF 2,3 en meer, zonder dat later de reductiegrens tussen pF 2,3 en 2,9 werd overschreden. In dat geval werd er beregend zonder dat de drogestofproductie navenant toenam.

Bij een beregeningscriterium van pF 2,7 waren de effecten van een beregeningsverbod in de genoemde jaren enigszins negatief (geheel verbod) tot nihil (gedeeltelijk verbod). Bij een beregeningscriterium van pF 2,3 waren de effecten nihil tot enigszins positief. Bij het criterium van pF 2,3 zorgde het (gedeeltelijk) beregeningsverbod ervoor dat voor de droge-stofproductie onnodige beregening werd voorkomen. In het geval van een verbod bij een scherper beregeningscriterium, vond de meest ondoelmatige beregening in het voorjaar reeds voor een belangrijk deel niet meer plaats. De bruto waterbesparingen waren in dat geval uiteraard ook minder dan bij de ondoelmattiger praktijk. De tabel laat gemiddelden zien, maar in de afzonderlijke gevallen is er veel variatie, zodat de effecten in bepaalde jaren anders kunnen uitvallen.

In vergelijking met de studie van Metselaar et al. (1991), blijkt nog steeds dat het financiële nut van beregening discutabel is, onder de aangenomen randvoorwaarden. Derhalve blijkt dan ook uit deze studie dat het ingestelde gedeeltelijke beregeningsverbod in de periode 1992 t/m 1994 weinig negatieve effecten zal hebben gehad op de bedrijfsinkomen van de onderzochte drie situaties. Wel is het zo dat in Metselaar et al. (1991) een relatief ondoelmatige beregeningspraktijk werd gesimuleerd, waardoor de positieve effecten van het beregeningsverbod mogelijk enigszins overschat zijn. Het is echter niet vast te stellen bij welk criterium de huidige beregeningspraktijk plaatsvindt.

Tabel 8 Het effect van het beregeningsverbod t.o.v. volledig beregend, gemiddeld over de jaren 1992-1994 en de drie onderzochte bodemtypen op de gerealiseerde waterbesparing, totale bruto fysieke opbrengst en bedrijfsinkomen voor beregening bij pF 2,3 en 2,7.

Geval	Bruto watergebruik [mm/jaar]	Bruto fysieke opbrengst [kg ds/jaar]	Bedrijfsopbrengst [gulden/jaar]
<i>Start bij pF 2,3</i>			
Onberegend	-144	-22903	+71
Verbod tot 1 juni	-20	-1542	+158
Verbod tot 15 juni	-37	-2006	+1124
<i>Start bij pF 2,7</i>			
Onberegend	-81	-18594	-1481
Verbod tot 1 juni	-4	-401	-121
Verbod tot 15 juni	-6	-1467	+58

De berekeningen van de mineralenbalans leveren geen eenduidig resultaat op voor het effect van beregening op de mineralenbalans. De uitkomsten hiervan zijn nog gevoeliger voor de gekozen beweidingsschema's en uitgangspunten in het model dan de bedrijfsopbrengsten. Omdat geen gebruik is gemaakt van de huidige stand van zaken op het gebied van kennis en wetgeving, leiden de berekeningen niet tot een voldoende betrouwbaar resultaat. Ook vanuit de theorie benaderd, wordt het beeld niet voldoende duidelijk.

Bij beregening op grasland hoeft weliswaar minder voer aangekocht te worden, maar er zal waarschijnlijk meer kunstmeststof voor grasland nodig zijn. Ook zal in een aantal gevallen bij langere perioden van droogte meer stikstof met voer nodig zijn. Beregening op maïsland kan bijdragen aan een lager stikstof-verschot omdat de stikstof op maïsland meestal in het voorjaar in een eenmalige gift wordt toegediend. Beregening leidt ertoe dat meer van deze stikstof benut wordt. In de uitgevoerde studie werd overigens de beregening van maïs niet meegenomen.

Beregening zal op veel melkveebedrijven in Noord-Brabant kunnen leiden tot een lager fosforoverschot. De fosfaatbemesting vindt meestal in het voorjaar plaats, zeker op maïsland. Beregening van grasland en maïsland leidt tot een betere benutting van de toegediende fosfor en daardoor tot lagere overschotten. Indien tijdens het groeiseizoen nog extra fosfor via kunstmest wordt toegediend kan bij niet-beregenen nog iets gecorrigeerd worden in de fosforgift. Beregening zorgt dan voor een iets mindere daling van het fosforoverschot.

Uit deze studie blijkt dat het ingestelde gedeeltelijke beregeningsverbod voor het 'normbedrijf' in de periode 1992 t/m 1994 en op de doorgerekende gronden naar verwachting weinig negatieve effecten gehad heeft op het bedrijfsinkomen. Voor een deel is dit het gevolg van relatief geringe vochttekorten voor half juni. Effecten kunnen op bedrijven met andere diersoorten en op droogtegevoelige gronden hiervan afwijken. Daarom kan op basis van deze berekeningen geen algemeen geldige conclusie getrokken worden. Individuele bedrijfssituaties kunnen een grote invloed hebben.

Naar aanleiding van het hier gedane onderzoek blijkt dat er meer onderzoek gedaan moet worden naar de samenhang tussen:

- beschikbare capaciteit (incl. investeringskosten),
- kritieke waarde voor beregening (pF),
- grootte van de beregeningsgift.

Ook zou een herhaling van het hier uitgevoerde onderzoek met de allernieuwste instrumentaria van SC-DLO en PR tot meer eigentijdse uitspraken kunnen leiden over het effect van een beregeningsverbod op de waterbalans, de mineralenbalans en het bedrijfsinkomen.

Literatuur

- Asijee, K., 1993. Handboek voor de rundveehouderij. Lelystad, Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, 629 p.
- Bannink, M.H., B.J. Bles en A.F. van Holst, 1985. Bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek oostelijk Noord-Brabant, kaartblad 51 Oost (Eindhoven). Wageningen, STIBOKA. Rapport 1777.
- Belmans C., J.G. Wesseling en R.A. Feddes, 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. *Journal of Hydrology* 63: 271-286.
- Berghs, M.E.G. en A. van den Ham, 1994. Verkenning veehouderij en milieu: beelden bij eisen. IKC, afdeling Veehouderij en milieu. Publikatie nr. 43.
- Bleumink, H. en J.C. Buys, 1995. Naar een beregeningsplanner voor agrariërs. CLM-Utrecht. CLM-rapport 183-1995.
- CAD/RSP, 1992-1994. Kwantitatieve informatie veehouderij 1992-1994. Lelystad, Consulentenschap in algemene dienst voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij.
- Feddes, R.A., P.J. Kowalik en H. Zaradny, 1978. Simulation of field water use and crop yield. PUDOC, Wageningen, Simulation Monographs.
- Hageman, I.W., F. Mandersloot en A.H. Bosma, 1995. Energieverbruik bij de ruwvoerteelt en -winning op melkveebedrijven. PR-Lelystad, PR-rapport nr. 157.
- Iwaco, Adviesburo voor water en milieu (Groningen), 1988-1989. Beregeningsonderzoek. Iwaco, 1988-1989. 3 dl in 4 bd. Hierbij samenvattend rapport (18 p). Fase 1 bd. 1; Factoren die van invloed zijn op het wel of niet beregenen van landbouwgronden (48 p). Fase 1 bd 2. Beregening nu en in de toekomst (70 p). Fase 2 (69 p). Fase 3: Effecten van beregening op het milieu in Overijssel (88 p.).
- Jong, R. de en P. Kabat, 1990. Modelling water balance and grass production. *Soil Science Society of America Journal* 54 (6): 1725-1732.
- Kabat, P., K. Metselaar en B.J. van den Broek, 1992. Modelstudie naar de effecten van de beperking van beregening op grasland voor een Noord-brabants veeweidebedrijf. In: Gebundelde verslagen van de Nederlandse vereniging voor weide- en voederbouw, 1992, nr. 33, p. 84-91.
- Mandersloot, F., 1984. Rentabiliteit van beregening op melkveebedrijven en waterbehoefte van Gelderse landbouwgronden. Basisrapport 4: Rentabiliteit van beregening op gezinsbedrijven. Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij. Rapport nr. 96.

Mandersloot, F., 1988. Een modelkoe niet genoeg: een melkveemodel. Uit: Praktijkonderzoek, 2e jrg., nr 2.

Mandersloot, F., 1992. Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven. PR-Lelystad. PR-rapport nr. 138.

Mandersloot, F., van Scheppingen, A.T.J. en J.M.A. Nijssen, 1991. Modellen rundveehouderij: Overzicht en onderlinge samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven. PR-Lelystad, PR-publikatie nr. 72.

Meerveld, B. van, J. Ovinge en H. Wieling, 1986. BBPR, set voor het analyseren van het bedrijfsbegrotingsprogramma. Proefstation v.d. Rundveehouderij, Lelystad.

Metselaar, K., P.J.T van Bakel, P. Kabat en J.M.P.M. Peerboom, 1991. Modelstudie naar de effecten van de beperking van beregning uit grondwater voor een noordbrabants melkveebedrijf. Wageningen, Staring Centrum, rapport 127.

Noij, G., L. Beijer, J. Zijlstra, H. Lieflijn, E. Teenstra en F. Verstraten, 1995. Duurzame melkveehouderij op droge grond. IKC Landbouw, Ede. Rapport G25.

NRLO, 1990. Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk. Vierde druk, Cie. Onderzoek Minerale Voeding. NRLO. 's-Gravenhage.

NRS, 1993. Jaarstatistieken 1992 + 1993.

Peerboom, J.M.P.M., 1990. Waterhuishoudkundige schadefuncties op Grasland. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 43.

Rompelberg, L.E.M., H. Wieling en J. Overvest, 1984. Normen voor de voedervoorziening. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, publ. nr 23.

Scheppingen, A.T.J. van, F. Mandersloot en R. Schreuder, 1994. Verkenning gevolgen lager P-gehalte krachtvoer voor mestoverschot en mestafzet. In: Praktijkonderzoek, 1994, 7e jaargang, nr. 5, p. 15-19.

Schreuder, R., 1995. Verkenning gevolgen sub-optimale P-bemesting en mogelijkheden verlagen P-overschot op melkveebedrijven. Intern PR-rapport (in voorb.)

Schreuder, R., J.C. van Middelkoop, J. Aalenhuis en F. Mandersloot, 1995. Mineralenstroom: de milieumodule in BBPR. PR-Lelystad, PR-publikatie nr. 99.

Schreuder, R., F. Mandersloot en A.T.J. van Scheppingen, 1995. Stikstof en fosfaatoverschot op melkveebedrijven bij een landbouwkundig goede bedrijfsvoering. PR-Lelystad, PR-rapport nr. 160.

Vellinga, Th.V., I.G.A.M. Noij, E.D. Teenstra, en L. Beijer, 1993. Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland. PR, Lelystad, PR-rapport nr. 148.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. Wageningen, ICW. Rapport nieuwe serie nr. 18.

Wouters, A.P., A.H.J. van der Putten en J.H.A.M. Steenvoorden, 1992. Invloed van berekening op de productie en stikstofhuishouding van grasland. In: Gebundelde verslagen van de Nederlandse vereniging voor weide- en voederbouw, 1992, nr. 33, p. 60-83.

Aanhangsel 1 Beschrijving van SWAGRA

SWAGRA bestaat uit drie deelmodellen, SWATRE, CROPR en GRAMAN. SWATRE is een 1-dimensionaal hydrologisch model met laterale drainage, waarin de grondwaterstroming in de verzadigde en de onverzadigde zone wordt beschreven. De transpiratie van het gewas in elk perceel wordt uitgevoerd naar CROPR voor grasgroeiberekeningen, waarmee de stand van het gewas in elk perceel wordt bepaald. De stand van het gewas bepaalt weer mede de transpiratie in SWATRE. Tevens wordt voor elk perceel de draagkracht uitgerekend.

In CROPR wordt gewasgroei berekend als het verschil tussen assimilatie en respiratie van het gewas. De respiratie bestaat uit de onderhoudsrespiratie en de groeirespiratie. Onderhoudsrespiratie is verschillend voor wortel, stoppel en het oogstbare deel van het gewas en afhankelijk van de massa gewas op het veld. De groeirespiratie is afhankelijk van lichtinterceptie, transpiratie en temperatuur. De transpiratie is altijd afhankelijk van de temperatuur, en dus de assimilatie ook. De groei wordt ook beïnvloed door de stikstofgift na elke voorafgaande snede of aan het begin van het groeiseizoen (Rompelberg et al., 1984). De grootte van de snede bepaalt de hergroei voor de volgende gebruik van het perceel. Figuur 7 laat de koppeling tussen SWATRE en CROPR zien.

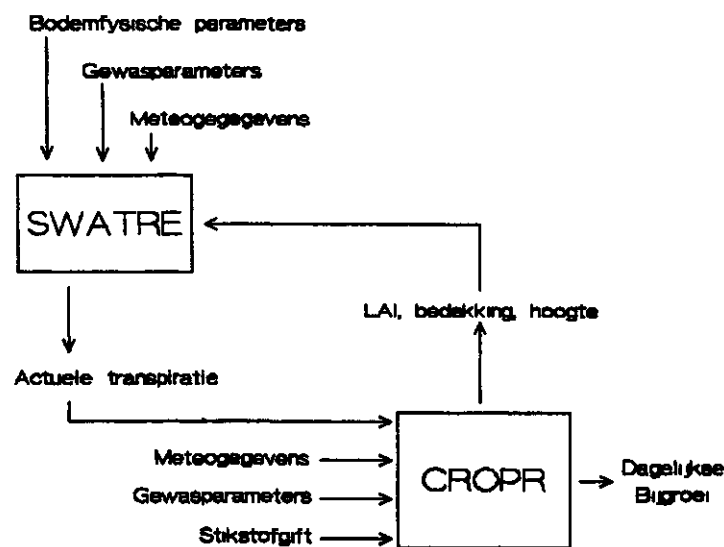


Fig. 7 De koppeling van het hydrologische model SWATRE en het gewasgroeimodel CROPR (uit: Peerboom 1990)

De stand van het gewas in elk perceel en de draagkracht worden doorgegeven als grasaanbod aan GRAMAN. In GRAMAN wordt voor het hele bedrijf het graslandgebruik, de bedrijfsvoering en de stikstofgift per perceel beslist door afweging van het grasaanbod tegen de behoefte van de veestapel en de noodzaak tot voederwinning. Daarbij worden verliezen t.g.v. maaien, betreding en vertrapping (afhankelijk van de draagkracht) meegenomen.

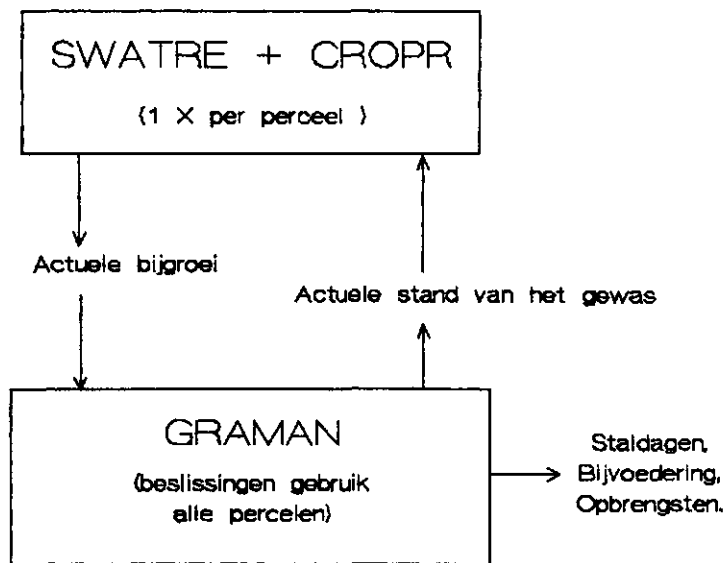


Fig. 8 Schema van het model SWAGRA (uit: Peerboom 1990)

De deelmodellen SWATRE, CROPR en GRAMAN worden hieronder beschreven. Het deelmodel MLKVEE (Mandersloot, 1988), dat de gras-, maïs- en krachtvoerconsumptie van het vee omrekenet in melkproductie, en het deelmodel BBPR (Meerveld et al., 1986), dat het totale bedrijfsresultaat berekent uit alle vaste en variabele kosten, worden hier niet verder behandeld.

A1.1 Deelmodel SWATRE

Het rekenmodel SWATRE beschrijft de waterbeweging in de verzadigde en de onverzadigde zone van de bodem, onder invloed van meteorologische en bodemfysische processen en de invloed van het gewas. De uitvoer van het model bestaat uit:

- 1) de termen van de waterbalans:
 - potentiële en werkelijke transpiratie,
 - potentiële en werkelijke bodemverdamping,
 - infiltratie en interceptie,
 - netto-flux door de onderrand van het profiel.
- 2) de termen van de gewasproductie:
 - potentiële en werkelijke bruto-productie,
 - netto-productie.

Berekende uitvoergegevens per compartiment zijn:

- volumetrisch vochtgehalte,
- drukhoogte,
- hydraulische doorlatendheid,
- wortelonttrekking,
- inkomende- en uitgaande flux,

en alle waterbalanstermen per compartiment: neerslag, verdamping, interceptie, kwel, bergingsverandering, drukhoogte- en vochtprofielen en het verloop van de grondwaterstand.

De berekeningen van de stroming door de onverzadigde zone en een klein deel van de verzadigde zone van een al dan niet begroeid bodemprofiel vinden volledig niet-stationair plaats. Dit vochttransport wordt beschreven door de stromingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking, gecombineerd tot de vergelijking:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{C(h)} \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(h)}{C(h)}$$

Deze vergelijking is een 2^e orde, niet-lineaire, partiële differentiaalvergelijking. De vergelijking is niet-lineair omdat $K(h)$ en $C(h)$ in de niet-stationaire stroming geen constanten, maar afhankelijke variabelen van h of θ zijn.

Deze vergelijking is een 2^e orde, niet-lineaire, partiële differentiaalvergelijking. De vergelijking is niet lineair omdat $K(h)$ en $C(h)$ in de niet-stationaire stroming geen constanten, maar afhankelijke variabelen van h of θ zijn. Vergelijking wordt numeriek opgelost m.b.v. een impliciete berekeningsmethode.

De potentiële evapotranspiratie wordt berekend volgens de methode Monteith-Rijtema. De evapotranspiratie wordt gesplitst in evaporatie en transpiratie aan de hand van de bodembedekking. De reductie van de potentiële transpiratie tot werkelijke transpiratie, onder invloed van wateroverlast of van verdroging, gebeurt bij vastgelegde zuigspanningswaarden. Voor een brede toepasbaarheid van de modelresultaten moeten alle omstandigheden van nat tot droog gesimuleerd kunnen worden. Dat gebeurt door de drainagekarakteristieken en de wegzijging of kwel te variëren, zodat grondwatertrappen van II tot en met VII kunnen worden gesimuleerd.

A1.2 Deelmodel CROPR

De invoer van CROPR, voor de berekening van de gewasgroei, bestaat uit de straling en het beschikbare water. De andere factoren worden optimaal verondersteld. De hier gebruikte versie is specifiek voor grasland (De Jong en Kabat, 1990; Peerboom, 1991)).

Aan CROPR zit een module, die de gewasgroei volgens standaardcurves aanpast aan de stikstofgift (Rompelberg et al., 1984). De stikstofgift is zo verdeeld dat er zo veel mogelijk een goed perceel beschikbaar is voor beweiding.

In CROPR wordt gewasgroei voorgesteld als het verschil tussen assimilatie en respiratie. De respiratie bestaat uit de onderhoudsrespiratie en de groeirespiratie. Onderhoudsrespiratie is verschillend voor wortel, stoppel en het oogstbare deel van het gewas en afhankelijk van de massa gewas op het veld. De groeirespiratie is afhankelijk van lichtinterceptie, transpiratie en temperatuur. De transpiratie is altijd

afhankelijk van de temperatuur, en dus de assimilatie ook. Als de transpiratie niet beperkend is, dan is de assimilatie alleen afhankelijk van de hoeveelheid licht. Is de transpiratie wel beperkend, dan is de CO₂-opname beperkt, en is de assimilatie daarvan afhankelijk.

De belangrijkste factor voor het model is de watergebruiksefficiëntie. De waarde ervan werd door calibratie van het model bepaald op 2800 tot 2500 kg assimilatie-product ha⁻¹.cm⁻¹.mbar⁻¹, afhankelijk van de tijd van het jaar.

De zwaarte van de voorafgaande snede beïnvloedt de bladhoeveelheid en bodembedekking voor de volgende snede

A1.3 Deelmodel GRAMAN

Het graslandgebruik wordt berekend door het beslissingsmodel GRAMAN, waarin belangrijke delen van een veebedrijf zijn ingebouwd. Het bedrijf dat in GRAMAN is ingebouwd, bestaat uit maximaal 30 percelen van verschillende grootte. Het bedrijf voorziet zichzelf van voldoende ruwvoer. Er wordt rekening gehouden met beweiden, maaien en bemesten van afzonderlijke percelen. Ook verliezen t.g.v. vertrapping en betreding door het vee, berijding bij het maaien, de veldperiode, worden meegenomen. De berekende productie is de netto-productie in tonnen droge stof dat aan de koeien ten goede komt.

Het weideseizoen begint als er op één van de percelen 600 kg gras beschikbaar is. In deze tijd staat het vee's nachts nog op stal en wordt er bijgevoerd (B4-systeem). Als het eerste perceel 'op' is, komt het volgende aan de beurt. Welke dat is hangt af van vraag (door het vee) en aanbod (op de verschillende percelen).

Na 14 dagen is het mogelijk dat niet meer wordt bijgevoerd (O4 systeem). Het minimale vereiste grasaanbod op een perceel is dan gestegen tot b.v. 1700 kg. Als het grasaanbod te gering wordt, of na 14 oktober, wordt dan weer volgens het B4-systeem gewerkt met 's nachts opstallen en bijvoeding.

Wanneer de draagkracht van alle percelen te laag is geworden, wordt ook opgestald. Na 1 november stopt het weideseizoen. Als het grasaanbod groter is dan b.v. 2400 kg, kan er niet beweid worden, en moet er gemaaid worden. Bij een grasaanbod van b.v. 2500 tot 3500 kg kan een perceel bij voldoende draagkracht gemaaid worden. De veldperiode duurt drie dagen, en kan bij te lage draagkracht verlengd worden. Er is dan geen groei.

Bovengenoemde waarden van vereist grasaanbod en maximaal grasaanbod zijn richtgetallen, en kunnen per bedrijf gevarieerd worden.

Het programma berekent mogelijke producties en behoeften een week vooruit, en kiest de optimale uitkomst.

De verliezen bij begrazing door directe vertrapping van het beschikbare gras liggen tussen de 10 en 20%, de verliezen door vertraging van de bijgroei op 14%. De verliezen bij maaien, drogen en conserveren voor het inkuilen, en bij vervoeding liggen tussen 15 en 20%. De totale beweidings- en voederwinningsverliezen worden in het model berekend op grond van de lengte van de inscharingsperiode, het grasaanbod op moment van inscharing, de draagkracht van de bodem en de dagelijkse bijgroei.

Deze waarden zijn gebruikt om de opgegeven bruto grasopname en voederwinning om te rekenen naar netto.

De mestgift per snede begint op waarden die instelbaar zijn om het grasaanbod te variëren, en nemen dan af tot 40 kg.ha^{-1} . Indien de grasopname geringer was dan 1500 kg bij beweiding of 2500 kg bij voederwinning wordt de stikstofgift met 15 kg wordt verminderd. Na 15 augustus wordt nog maar met 30 kg bemest, na 15 september houdt de bemesting op.

Aanhangsel 2 Berekening beregeningskosten elektrische pomp en dieselpomp

Berekeningen zijn uitgevoerd naar analogie van Metselaar et al. (1991), m.u.v. de geactualiseerde energie en materiële prijzen.

A2.1 Fijn- en grofzandig profiel

Aanwezig: Haspelinstallatie met dieselpomp op fijn- en grofzandig profiel

Vaste gegevens beregeningsberekening

Symbool	Waarde	Betekenis
A	16,2 ha	Bedrijfs grootte
QMAX	50 m ³ /uur	Capaciteit installatie
P	25 kW	Vermogen installatie
I _{bruto}	25 mm	Bruto beregeningsgift
C1	0,3125 l/kWh	Omrekeningsfactor kWh naar diesel
K _{diesel}	0,616 f/l	Kosten diesel voor landbouw prijspeil 1993
W _I _{vervang}	50 000,- f/l	Vervangingswaarde beregeningsinstallatie
P _I _{onderhoud}	2,5 %/jaar	Percentage onderhoud beregeningsinstallatie
W _T _{vervang}	50 000,- f/l	Vervangingswaarde tweede trekker
P _T _{onderhoud}	4%/jaar	Percentage onderhoud tweede trekker
TT	600 uur/jaar	Draaiuren trekker (berekening + overig gebruik)
N	4 /jaar	Aantal beregeningbeurten per jaar

Berekening brandstofkosten per mm (bruto)berekening

- Q1 Bruto beregeningsgift per ha = $I_{\text{bruto}} * 10\,000/1000 = 25 * 10 = 250 \text{ m}^3/\text{ha}$
T1 Benodigde beregeningstijd per ha = $Q1 / Q_{\text{MAX}} = 250/50 = 5 \text{ uur/ha}$
E1 Benodigde energie = $P * T1 = 25 * 5 = 125 \text{ kWh/ha}$
E2 Benodigde hoeveelheid diesel = $C1 * E1 = 0,3125 * 125 = 39,06 \text{ l/ha}$
K1 Kosten per ha = $K_{\text{diesel}} * E2 = 0,616 * 39,06 = 24,07 \text{ f/ha}$
K2 Kosten per ha per mm = $K1/I_{\text{bruto}} = 24,07/25 = \underline{0,96 \text{ f/ha.mm}}$

Berekening onderhoudskosten beregeningsinstallatie per mm (bruto)berekening

- N1 Totaal aantal beregeningsuren = $N * A * Q1 / Q_{MAX} = 4 * 16,2 * 250 / 50 = 324$ uur/j
- K3 Totale onderhoudskosten = $W_{I_{vervang}} * P_{I_{onderhoud}} = 0,025 * 50\ 000 = 1250$, f/jaar
- K4 Onderhoudskosten per ha = $K3/A = 1250/16,2 = 77,16$ f/ha
- K5 Onderhoudskosten per ha per mm = $K4/(N * I_{bruto}) = 77,16/(4 * 25) = 0,77$ f/ha.mm

Berekening onderhoudskosten tweede trekker per mm (bruto) berekening

- K6 Totale onderhoudskosten = $W_{T_{vervang}} * P_{T_{onderhoud}} = 0,040 * 50\ 000 = 2000$, f/jaar
- K6 Trekkercosten per uur = $K6 / TT = 2000 / 600 = 3,33$ f/uur
- K7 Trekkercosten per ha.mm = $T1 * K6 / I_{bruto} = 5 * 3,33 / 25 = 0,67$ f/ha.mm

Totale variabele kosten dieselaandrijving = $K2 + K5 + K7 = 0,96 + 0,77 + 0,67 = 2,40$ f/ha.mm exclusief: rente en afschrijving installatie en onderhoud trekker

A2.2 NCB-profiel

Aanwezig: Haspelinstallatie met elektrische pomp op NCB-profiel

Vaste gegevens beregeningsberekening

Symbool	Waarde	Betekenis
A	16,2 ha	Bedrijfsgrrootte
Q _{MAX}	60 m ³ /uur	Capaciteit installatie
P	25 kW	Vermogen installatie
I _{bruto}	25 mm	Bruto beregeningsgift
K _{elec}	0,18 f/kWh	Kosten electriciteitsverbruik
W _{I_{vervang}}	f 50 000,-	Vervangingswaarde beregeningsinstallatie
P _{I_{onderhoud}}	2,5 %/jaar	Percentage onderhoudskosten per jaar
N	4 /jaar	Aantal beregeningbeurten per jaar

Berekening stroomkosten per mm (bruto)berekening

- Q1 Bruto beregeningsgift per ha = $I_{\text{bruto}} * 10\,000/1000 = 25 * 10 = 250 \text{ m}^3/\text{ha}$
T1 Benodigde berekeningstijd per ha = $Q1 / Q_{\text{MAX}} = 250/60 = 4,17 \text{ uur/ha}$
E1 Benodigde energie = $P * T1 = 25 * 4,17 = 104 \text{ kWh/ha}$
K1 Kosten per ha = $K_{\text{elec}} * E1 = 0,18 * 104 = 18,72 \text{ f/ha}$
K2 Kosten per ha per mm = $K1/I_{\text{bruto}} = 18,72/25 = \underline{0,75 \text{ f/ha.mm}}$

Berekening onderhoudskosten beregeningsinstallatie per mm (bruto)berekening

- N1 Totaal aantal beregeningsuren = $N * A * Q1 / Q_{\text{MAX}} = 4 * 16,2 * 250 / 60 = 270 \text{ uur/j}$
K3 Totale onderhoudskosten = $W_{\text{Ivervang}} * P_{\text{Ionderhoud}} = 0,025 * 50,000 = 1250,- \text{ f/jaar}$
K4 Onderhoudskosten per ha = $K3/A = 1250/16,2 = 77,16 \text{ f/ha}$
K5 Onderhoudskosten per ha per mm = $K4/(N * I_{\text{bruto}}) = 77,16/(4 * 25) = \underline{0,77 \text{ f/ha.mm}}$

Totale variabele kosten elektrische aandrijving = $K2 + K5 = 0,75 + 0,77 = 1,52 \text{ f/ha.mm}$ exclusief: rente en afschrijving installatie

Aanhangsel 3 Bedrijfseconomische invoer van SWAGRA (BBPR)

Afkomstig uit de Kwantitatieve Informatie Veehouderij (CAD/RSP, 1992-1994)

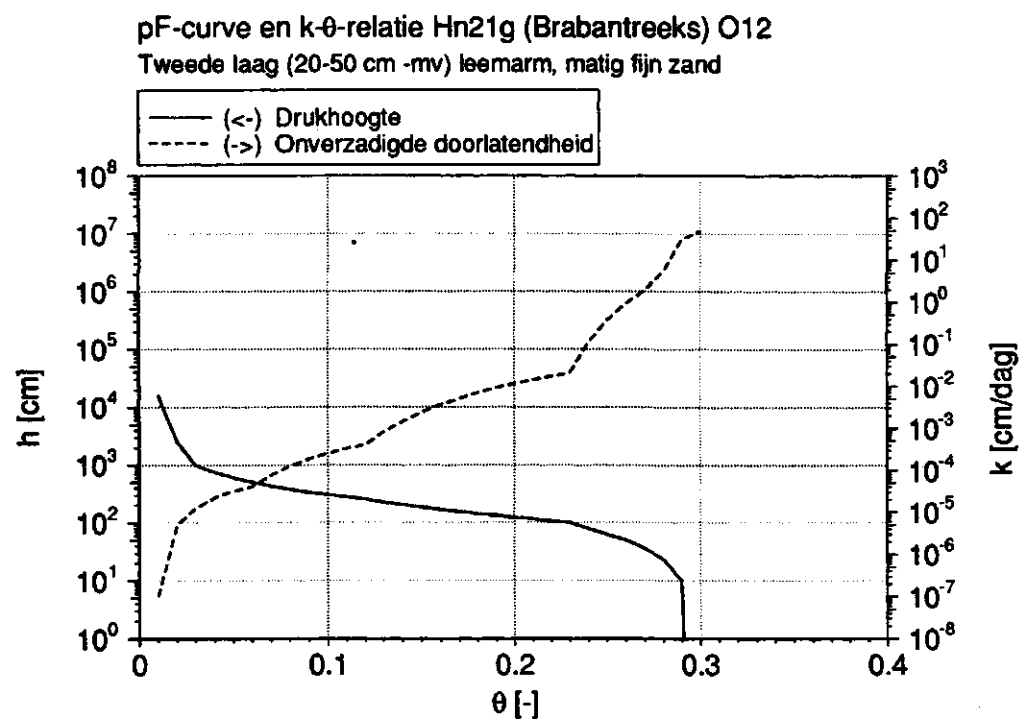
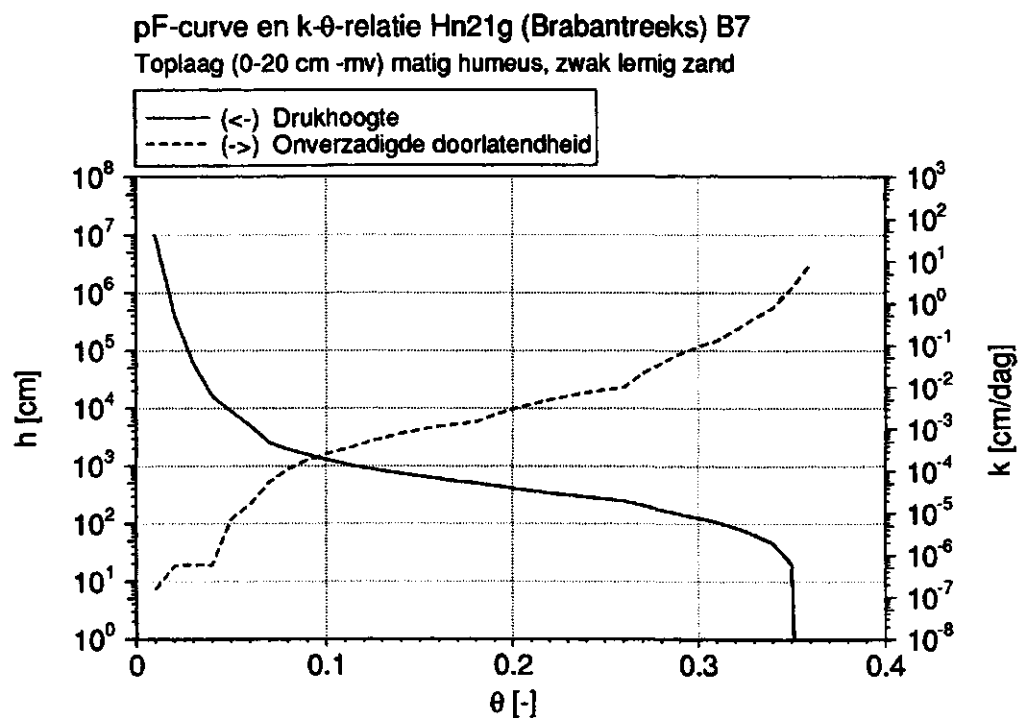
1	3.0	LANG	Wilt U een lange of een korte uitvoer? [LANG/KORT]
2	1.0.0	0	Ha's grasland klei voor beweiding/zomerstalvoeding
2	1.1.0	0	Ha's grasland veen voor beweiding/zomerstalvoeding
2	1.2.0	16.2	Ha's grasland zand voor beweiding/zomerstalvoeding
2	1.3.0	0	Ha's grasland klei alleen maaien
2	1.4.0	0	Ha's grasland veen alleen maaien
2	1.5.0	0	Ha's grasland zand alleen maaien
2	1.6.0	4.0	Hectares snijmaïs zelf telen
2	1.7.0	1.	Ha's erf, wegen en sloten
2	2.0.0	NEE	Grond gepacht?
2	2.1.0	JA	Grond in eigendom?
2	2.1.1	33.	Grond- en waterschapslasten /ha
2	2.1.2	19500	Waarde grond /ha
2	2.1.3.0	NEE	Is het een berekening voor regelingen
2	2.1.4	0	Aantal ha gedrainneerd
2	2.2.0	JA	Is de veebezetting per ha grasland bekend?
3	2.0.0	HF	Veeslag
3	2.1.0	30.	Vervangingspercentage melkkoeien
3	2.2.0	3.	Uitvalpercentage van de veestapel
3	4.0.0	5.	Lengte veldperiode
3	5.0.0	0.	Extra verliezen bij beweiding/zomerstalvoeding
3	5.1.0	0.	Extra verliezen bij de voederwinning?
3	6.0.0	0.	Langere stalperiode voorjaar
3	6.1.0	0.	Langere stalperiode najaar
3	7.0.0	0.	Percentage kweek?
3	8.1.0	200.	Wettelijke norm fosfaat grasland
3	8.1.1	200.	Wettelijke norm fosfaat snijmaïs
3	9.0.0	NEE	Eerste de organische mest op snijmaïs uitrijden?
3	10.0.0	NEE	Wordt de organische mest overgedoseerd?
3	11.0.0	20.	Percentage graslandvernieuwing
3	11.0.1	HERINZ	Graslandvernieuwing: herinzaai of doorzaaien?
3	12.1.0	0.895	kVEM-waarde van het aan te kopen ruwvoer
3	12.2.0	0.05	VRE-gehalte van het aan te kopen ruwvoer
3	13.0.0	JA	Wordt in de weideperiode ruwvoer bijgevoerd?
3	13.2.0	0.895	kVEM-waarde bij te voeren ruwvoer
3	14.0.0	14827.	Netto droge stofopbrengst snijmaïs (kg/ha)
3	14.1.0	13344	Netto energieopbrengst snijmaïs (kVEM/ha)
3	14.2.0	600	Netto voedernorm ruw-eiwitopbrengst snijmaïs (kg/ha)
3	15.3.0	600	Gewicht melkkoeien
3	16.0.0	38.	Melkproducten voor de kalveren (kg poeder per kalf)
4	1.0	EM	Mechanisatiesysteem voederwinning voordroogkuil
4	2.0	EM	Mechanisatiesysteem uitrijden org. mest
5	1.0.0	82.5	Melkprijs per 100 kg melk inclusief nabetaling

5	2.0.0	1368.	Verkoopprijs uitstoot ouder vee
5	2.0.1.0	352.	Verkoopprijs stierkalveren excl. dode dieren
5	2.0.1.1	160.	Verkoopprijs vaarskalveren excl. dode dieren
5	2.0.4	1859.	Aankoopprijs vaarzen
5	2.1.0	1613.	Vervangingswaarde melkkoe
5	3.0.0	-12.	Verkoop mest per m ³
5	3.0.1	0.31	Verkoop ruwvoer (f/kVEM)
5	3.0.3	0.	Overige opbrengsten per melkkoe
5A	4.1.1	118.	Kosten veearts per melkkoe
5A	4.2.1	53.	Kosten dekgeld per melkkoe
5A	4.3.0	53.	Kosten melkcontrole per melkkoe
5A	4.4.0	19.5	Kosten strooisel per melkkoe
5A	4.5.0	28.05	Kosten scheren/klauwbekappen per melkkoe
5A	4.6.1	0.	Diverse veekosten per melkkoe
5B	5.0.0	33.5	Prijs per 100 kg standaard krachtvoer
5B	5.1.0	43.	Prijs per 100 kg extra eiwit
5B	5.2.0	0.30	Aankoopprijs ruwvoer (f/kVEM)
5B	5.4.0	2.65	Prijs per kg kunstmelkpoeder
5B	5.5.0	10.	Diverse voerkosten per melkkoe
5C	6.0.0	1.12	Prijs per kg zuivere stikstof
5C	6.0.1	0.92	Prijs per kg zuivere fosfaat
5C	6.0.2	0.54	Prijs per kg zuivere kali
5C	6.0.5	110.	Overige bemestingskosten / ha grasland op zand
5C	7.0.0	60.	Afrasteringskosten per ha grasland
5C	8.0.0	0.65	Prijs per m ² plastic voor kuilafdekking
5C	9.0.0	1220.	Loonwerktarief per ha herinzaai
5C	9.0.1.0	NEE	Zijn er extra kosten bij herinzaai/doorzaai?
5D	10.2.2	40.	Loonwerktarief per ha slootonderhoud op zand
5D	10.3.2	15.	Loonwerktarief per ha greppelfrezen op zand
5D	10.4.0	0.	Kosten niet toegerekend loonwerk (f/ha)
5E	11.0.1	2140.	Directe kosten /ha snijmaïs, excl. bem.
5F	12.0.0	125.	Brandstofkosten per ha grasland
5F	13.0.0	NEE	Elektrisch koelen en elektrisch verwarmen?
5F	13.0.1	JA	Elektrisch koelen en met aardgas verwarmen?
5F	13.1.0	0.18	Stroomprijs per kWh
5F	13.1.1	0.5	Gasprijs per kubieke meter
5F	14.0.0	JA	Voorkoeler aanwezig?
5F	14.1.0	JA	Warmtepomp aanwezig?
5F	14.2.0	1.	Aantal boilers
5F	14.2.1	JA	Boiler(s) in eigendom?
6	1.0	400000	Vervangingswaarde stallen: constant deel
6	1.1	0.	Vervangingswaarde stallen: variabel deel per mk.
6	2.0	20000	Vervangingswaarde erfverharding: constant deel
6	2.1	0	Vervangingswaarde erfverharding: variabel deel per mk.
6	2.2.0	10000	Vervangingswaarde kavelpadverharding
6	2.2.1	BETON	Kavelpadverharding: beton of klinkers?
6	2.3.0	NEE	Is er extra mestopslag?
6	2.4	45.0	Vervangingswaarde kuilplaat per m ²

6	3.0	26000	Vervangingswaarde werktuigenberging: constant deel
6	3.1	0	Vervangingswaarde werktuigenberging: variabel deel/mk.
6	3.2	16000	Extra vervangingswaarde voor een werkplaats
6	4.2.0	1300	Vervangingswaarde boiler per stuk
6	4.3	3000	Vervangingswaarde voorkoeler
6	4.4	4000	Vervangingswaarde warmtepomp
6	4.5.0	NEE	Is er kaasapparatuur op het bedrijf?
6	5.0	200000	Vervangingswaarde machines en werktuigen, incl. melktank
6	6.0	6987	Algemene kosten: constant deel
6	6.1	65.	Algemene kosten: variabel deel per melkkoe
7	1.0	5.	Stallen: percentage afschrijving
7	1.1	2.	Stallen: percentage onderhoud
7	2.0	3.	Erfverharding: percentage afschrijving
7	2.1	1.5	Erfverharding: percentage onderhoud
7	2.2.0	3.	Kavelpadverharding: percentage afschrijving
7	2.2.1	0.5	Kavelpadverharding: percentage onderhoud
7	2.4	3.	Kuilplaat: percentage afschrijving
7	2.5	1.5	Kuilplaat: percentage onderhoud
7	3.0	5.	Werktuigenberging: percentage afschrijving
7	3.1	1.	Werktuigenberging: percentage onderhoud
7	4.2	11.	Boiler(s): percentage afschrijving
7	4.3	8.	Boiler(s): percentage onderhoud
7	4.4	10.	Voorkoeler: percentage afschrijving
7	4.5	5.	Voorkoeler: percentage onderhoud
7	4.6	12.	Warmtepomp: percentage afschrijving
7	4.7	3.	Warmtepomp: percentage onderhoud
7	5.0	10.	Machines, werktuigen, melktank: percentage afschrijving
7	5.1	7.	Machines, werktuigen, melktank: percentage onderhoud
8	1.0	7.	Rentepercentage
9	1.0	0.	Aantal vreemde arbeidskrachten
9	2.0	0.	Totaal berekend loon gezinsleden
9	3.0	1.	Aantal ondernemers
9	3.1	82000	Totaal berekend loon ondernemer(s)

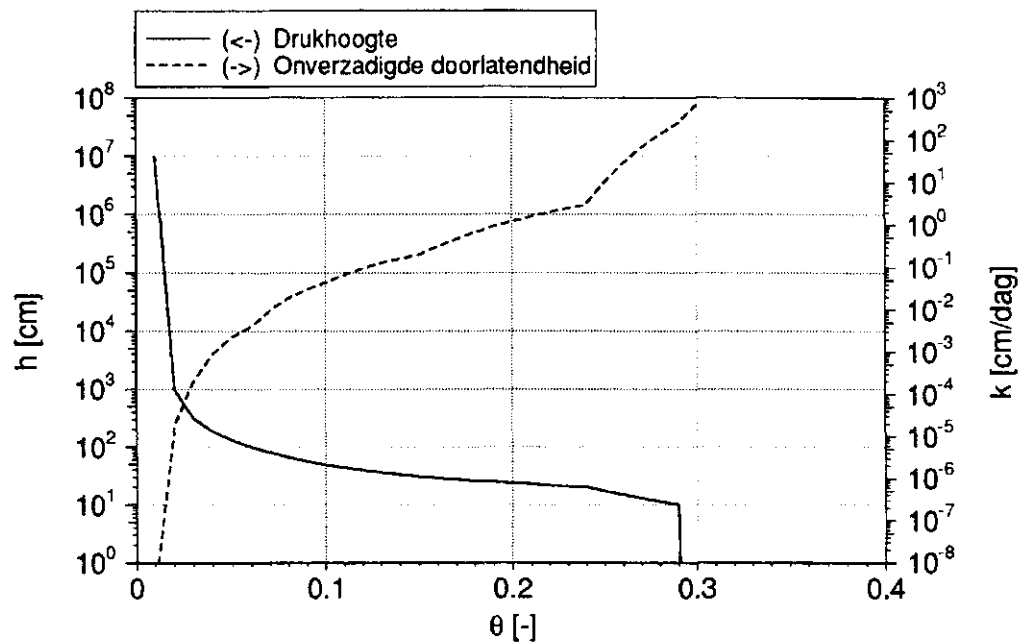
Aanhangsel 4 Bodemfysische invoergegevens

A.4.1 Het grofzandig profiel, Hn21g op Gt-VI



pF-curve en k- θ -relatie Hn21g (Brabantreeks) O8

Derde laag (vanaf 50 cm -mv) leemarm, grof zand

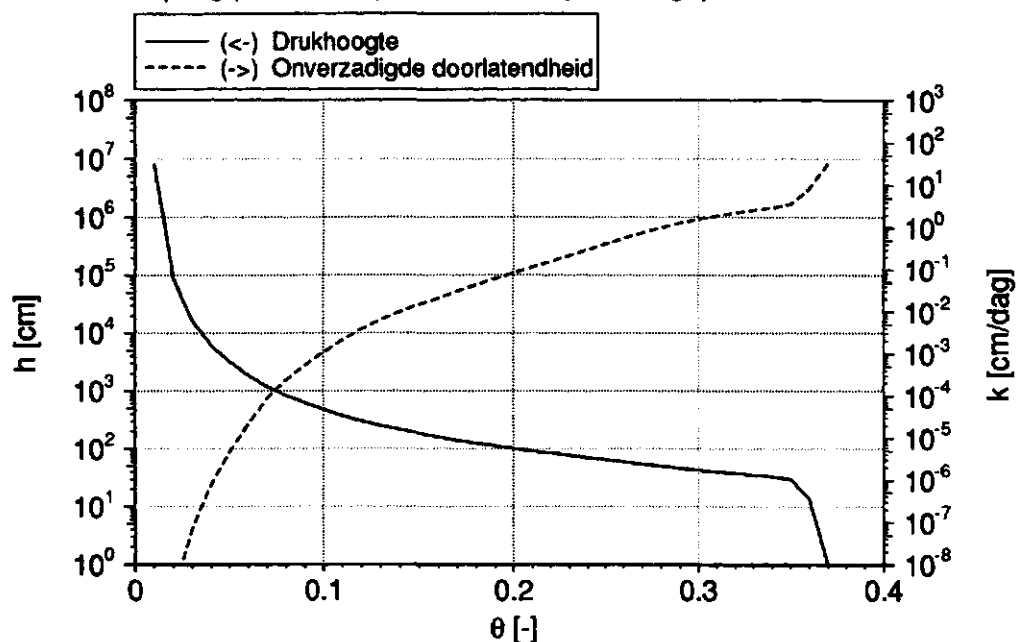


De Brabantreeks is afkomstig uit het bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek Noord-Brabant (Bannink et al., 1985). Dit bodemprofiel is reeknummer 192.

A.4.2 Het *fijnzandig* profiel, Hn21 op Gt VI

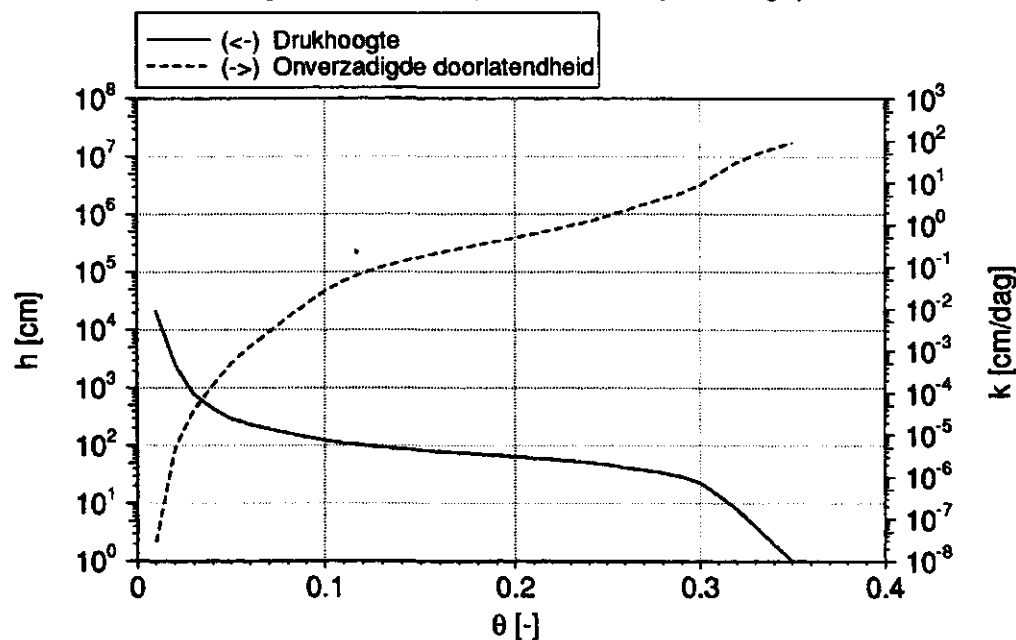
pF-curve en k- θ -relatie Hn21 (Staringreeks) B1

Toplaag (0-30 cm -mv) leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand

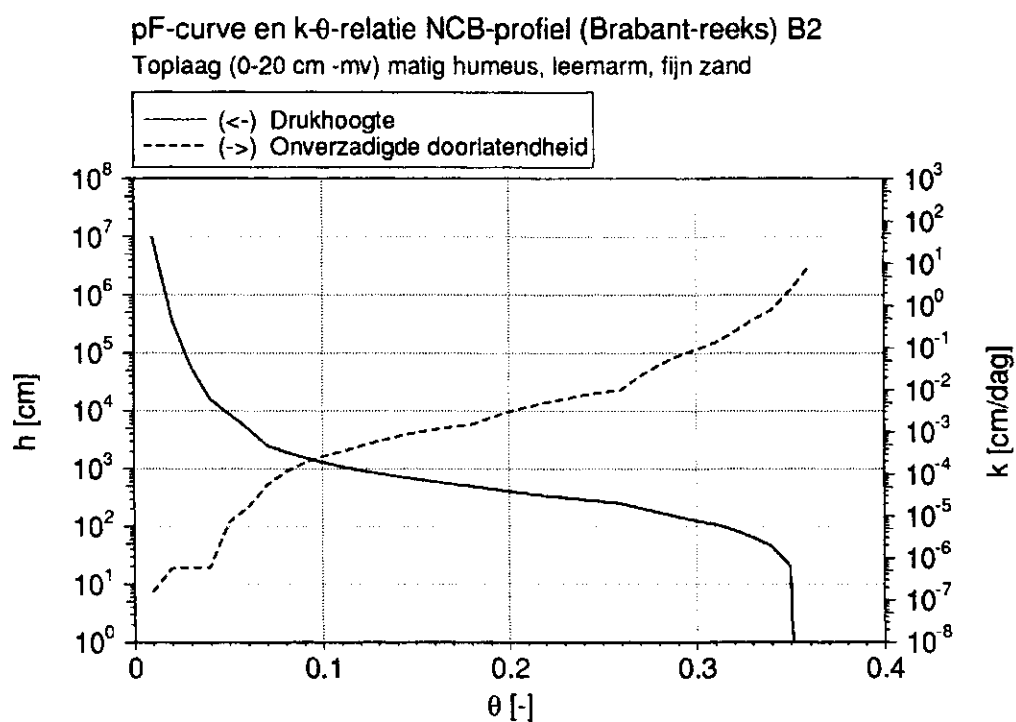


pF-curve en k- θ -relatie Hn21 (Staringreeks) O1

Tweede laag (vanaf 30 cm -mv) leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand



A.4.3 Het NCB-profiel, Hn21g op Gt-VII



De ondergrond van dit profiel is gelijk aan de ondergrond van het grofzandig profiel, dus Brabantreeks O12 tot 50 cm en O8 daaronder

Aanhangsel 5 Deel van de invoer bedrijfsgegevens uit MLKVEE

1	1	9	percelenplan met 50 koeien (Brabant mineralenbalans)
1	2	MK	diergroep
2	1	50.0	aantal melkkoeien
2	1.1	6500	melkproductie per jaar
2	1.2	FEB	afkalfmaand
2	1.3	1	afkalfpatroon
2	1.4	600	gewicht der dieren bij begin lactatie
2	1.5	575	gewicht der dieren bij eind lactatie
2	1.6	4.3	leeftijd
3	1	O	beweidingsstelsel (O of B)
3	1.1	4	bijvoeding ds (kg/d) aan maïs (0, 2, 4 of 6)
3	2	9	aantal percelen
3	3	400	N-bemesting per jaar per ha
3	4	3	lengte veldperiode
3	7	3	aantal stappen voor opgegeven ds-grenzen
3	8	2304	startdatum van een ds-grenzen stap
3	9	600	minimale ds voor weiden
4	1.1	1.8	perceelsgrootte
4	1.2	WEIDEN	bestemming eerste snede
4	1.3	80	stikstofbemesting 1e snede per ha
4	1.4	1	nummer volgende snede

etc.

etc.

*EOD

Aanhangsel 6 Deel van de invoergegevens van SWATRE/CROPR

SWATRE GENERAL INPUTDATA FOR SIMULATION GRASS GROWTH AND IRRIGATION BRABANT

```

3 1 3 1 2 0 0 1 0 1 1 1      !fijnzandig profiel
1 365 0.2 0.005 0.5
12
30
0 1 0.015 0.0002
0.0 365. 366.
-10. -25. -25. -200. -800. -600. -8000.
0
0
30.
300. 2 27 3 27
10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10.
10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10.
10. 10. 10. 10. 10. 20. 30.
0.50
65.0 500.0
!bewortelingsdiepte
!verdeling bodemlagen

```


Aanhangsel 7 Invoer graslandgegevens GRAMAN

3	! GRASS OPTION PARAMETER
500.0	! START WEIGHT CQSTUBB
1	! IRRIGATION OPTION
1 50000.0 16.0 10.0 3500.0	!Nr, Cap(l/h), Avty(h), Space(days), Stop
0.0 0.30	!Non-variable and Variable costs diesel (Hfl/m3)
90 227	!first and last day of irrigation
0.80	!Efficiency of water use when sprinkling
2.3 2 2.5	!pF-start, aantal Compart's voor pF, Bruto berekening (cm)
0 0	!dummies
1. 0.1 2.5 50.	! management decision factors
2400	! Max. Dry matter for cows to move in
2500	! Min. Dry matter for first mowing cut
3000	! Min. Dry matter for later cuts
-3000	! Max. Dry matter of start transition state
290	! Last date for start transition state
75	! First date for cows to move in
15	! Lenght transition state
-1000	! Max. Dry matter for end of season
250	! First date for start of transition state
270	! Date at which all plot with dm>maai1 will be mown
7	! Length working period for mowing (d)
2	! Max. Number of plots mowed together
7	! Look ahead period for mowing sequence
4	! Maximum wet days before go out
2	! Minimum dry days before go in
6500	! Potential milkproduction
0.6	! min. draagkracht voor maaien
0.6	! min. draagkracht voor inscharen
0	! aantal percelen uitsluitend maaien
3500	! hoogste waarde watergebruikseffic. Amax1 (3500)
3000	! laagste waarde watergebruikseffic. Amax2 (3000)
-1	! aantal graasdagen v.h. vee (-1 is uit)

Aanhangsel 8 Het effect van de verschillende berekeningsscenario's op de mineralenbalans

Alle overschotten staan in kg/ha.

Tabel 8 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door volledige berekening tot 15 augustus bij pF 2,3 in 1992, 1993 en 1994

		Volledige berekening bij pF 2,3		Zonder beregenen		Saldo	
	gift (mm)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
Fijnzandig profiel							
1992	106	348	5,2	339	4,6	8,7	0,6
1993	102	351	8,7	364	6,5	-12,8	2,2
1994	118	345	7,6	348	6,6	-2,9	1,0
Grofzandig profiel							
1992	169	353	6,2	355	4,0	-1,4	2,2
1993	164	363	8,5	353	7,3	9,5	1,2
1994	169	345	6,8	344	5,1	1,4	1,7
NCB profiel							
1992	150	350	6,3	351	4,1	-0,1	2,2
1993	153	362	8,6	352	7,9	9,3	0,7
1994	175	347	7,2	343	5,5	3,2	1,7

Tabel 9 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door volledige berekening tot 15 augustus bij pF 2,7 in 1992, 1993 en 1994

		Volledige berekening bij pF 2,7		Zonder beregenen		Saldo	
	gift (mm)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
Fijnzandig profiel							
1992	58	346	5,2	339	4,6	6,6	0,6
1993	42	356	8,6	364	6,5	-8,4	2,1
1994	64	344	6,7	348	6,6	-3,6	0,1
Grofzandig profiel							
1992	81	347	3,9	355	4,0	-8,1	-0,1
1993	78	359	7,4	353	7,3	5,7	0,1
1994	100	342	4,6	344	5,1	-1,5	-0,5
NCB profiel							
1992	89	353	5,4	351	4,1	2,8	1,3
1993	97	359	7,0	352	7,9	6,9	-0,9
1994	119	349	7,7	343	5,5	5,2	2,2

Tabel 10 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door beregening vanaf 1 juni tot 15 augustus bij pF 2,3 in 1992, 1993 en 1994

		Beperkte beregening (1 juni) bij pF 2,3		Zonder beregenen		Saldo	
	gift (mm)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
Fijnzandig profiel							
1992	94	341	5,2	339	4,6	1,5	0,6
1993	8	362	7,5	364	6,5	-2,5	1,0
1994	108	345	7,6	348	6,6	-2,9	1,0
Grofzandig profiel							
1992	142	348	5,2	355	4,0	-6,7	1,2
1993	117	356	8,4	353	7,3	2,5	1,1
1994	161	343	7,5	344	5,1	-0,7	2,4
NCB profiel							
1992	131	351	6,3	351	4,1	0,6	2,2
1993	114	359	7,7	352	7,9	7,2	-0,2
1994	164	357	8,6	343	5,5	13,5	3,1

Tabel 11 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door beregening vanaf 1 juni tot 15 augustus bij pF 2,7 in 1992, 1993 en 1994e

		Beperkte beregening (1 juni) bij pF 2,7		Zonder beregenen		Saldo	
	gift (mm)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
fijnzandig profiel							
1992	56	346	5,2	339	4,6	6,6	0,6
1993	42	356	8,6	364	6,5	-8,4	2,1
1994	64	344	6,7	348	6,6	-3,6	0,1
grofzandig profiel							
1992	72	352	3,6	355	4,0	-2,8	-0,4
1993	75	356	6,3	353	7,3	2,3	-1,0
1994	100	342	4,6	344	5,1	-1,5	-0,5
NCB profiel							
1992	81	356	4,5	351	4,1	5,8	0,4
1993	86	361	8,8	352	7,9	8,9	0,9
1994	119	349	7,7	343	5,5	5,2	2,2

Tabel 12 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door berekening vanaf 15 juni tot 15 augustus bij pF 2,3 in 1992, 1993 en 1994

		Beperkte berekening (15 juni) bij pF 2,3		Zonder beregenen		Saldo	
gift (mm)		N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
fijnzandig profiel							
1992	81	343	4,8	339	4,6	3,4	0,2
1993	75	359	7,3	364	6,5	-5,0	0,8
1994	108	345	7,6	348	6,6	-2,9	1,0
Grofzandig profiel							
1992	125	348	4,3	355	4,0	-7,1	0,3
1993	78	357	7,5	353	7,3	3,7	0,2
1994	147	341	6,4	344	5,1	-3,0	1,3
NCB profiel							
1992	125	343	5,1	351	4,1	-7,8	1,0
1993	78	356	7,7	352	7,9	3,9	-0,2
1994	150	343	5,2	343	5,5	-0,8	-0,3

Tabel 13 Beregeningsgift en mineralenoverschotten op drie bodems door berekening vanaf 15 juni tot 15 augustus bij pF 2,7 in 1992, 1993 en 1994

		Beperkte berekening (15 juni) bij pF 2,7		Zonder beregenen		Saldo	
gift (mm)		N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)	N-overschot (kg/ha)	P-overschot (kg/ha)
fijnzandig profiel							
1992	50	340	3,9	339	4,6	0,9	-0,7
1993	42	360	8,6	364	6,5	-4,1	2,1
1994	64	344	6,7	348	6,6	-3,6	0,1
grofzandig profiel							
1992	72	352	4,4	355	4,0	-2,6	0,4
1993	75	357	7,6	353	7,3	3,8	0,3
1994	100	342	4,6	344	5,1	-1,5	-0,5
NCB profiel							
1992	78	350	4,1	351	4,1	-0,9	0,0
1993	75	359	9,1	352	7,9	7,0	1,2
1994	119	349	7,7	343	5,5	5,2	2,2

Tabel 14 Verandering van het stikstofoverschot door berekening bij pF 2,3 en pF 2,7, bij verschillende periodes waarin berekening is toegestaan, gemiddeld over de priode 1992 t/m 1994. Verschil t.o.v. geen berekening

Bodem	Berekening		
	Vanaf 1 juni	vanaf half juni	Volledig
Start bij pF 2,3			
Fijnzandig	-1,3	-1,5	-2,3
Grofzandig	-1,6	-2,1	3,2
NCB profiel	7,1	-1,6	4,1
gem:	1,4	-1,7	1,7
Start bij pF 2,7			
Fijnzandig	-1,8	-2,3	-1,8
Grofzandig	-0,7	-0,1	-1,3
NCB profiel	6,6	3,8	5,0
gem:	1,4	0,5	0,6

Tabel 15 Verandering van het fosforoverschot door berekening bij pF 2,3 en pF 2,7, bij verschillende periodes waarin berekening is toegestaan, gemiddeld over de priode 1992 t/m 1994. Verschil t.o.v. geen berekening

Bodem	Berekening		
	vanaf 1 juni	vanaf half juni	Volledig
Start bij pF 2,3			
Fijnzandig	0,9	0,7	1,3
Grofzandig	1,6	0,6	1,7
NCBprofiel	1,7	0,2	1,5
Gem:	1,4	0,5	1,5
Start bij pF 2,7			
Fijnzandig	0,9	0,5	0,9
Grofzandig	-0,6	0,1	-0,2
NCBprofiel	1,2	1,1	0,9
Gem:	0,5	0,6	0,5

Tabel 16 Verandering van het stikstofoverschot door berekening bij pF 2,7, voor het grofzandige en het NCB-profiel in de jaren 1992, 1993 en 1994 t.o.v. geen berekening

Jaar	Berekening		
	Vanaf 1 juni	vanaf half juni	Volledig
Grofzandig profiel			
1992	-2,8	-2,6	-8,1
1993	2,3	3,8	5,7
1994	-1,5	-1,5	-1,5
Gem:	-0,7	-0,1	-1,3
NCB-profiel			
1992	5,8	-0,9	2,8
1993	8,9	7,0	6,9
1994	5,2	5,2	5,2
Gem:	6,6	3,8	5,0

Aanhangsel 9 Gemiddeld verloop van de pF-waarden in de wortelzone van de drie profielen gedurende 1992, 1993 en 1994

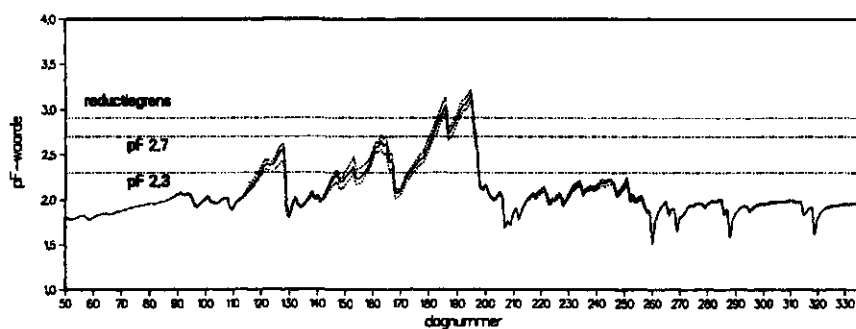


Fig. 9 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1993 in het fijnzandig profiel, onberegend

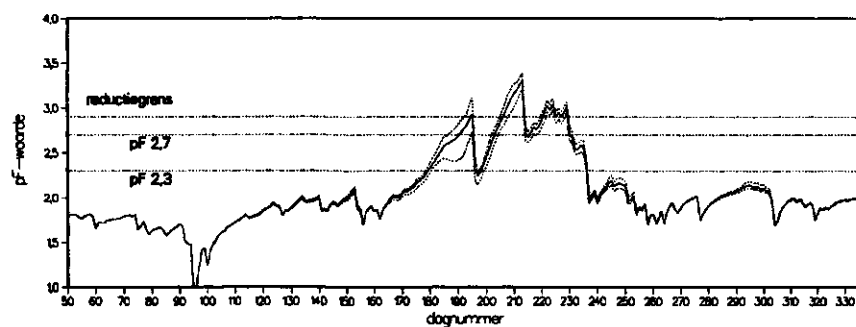


Fig. 10 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1994 in het fijnzandig profiel, onberegend

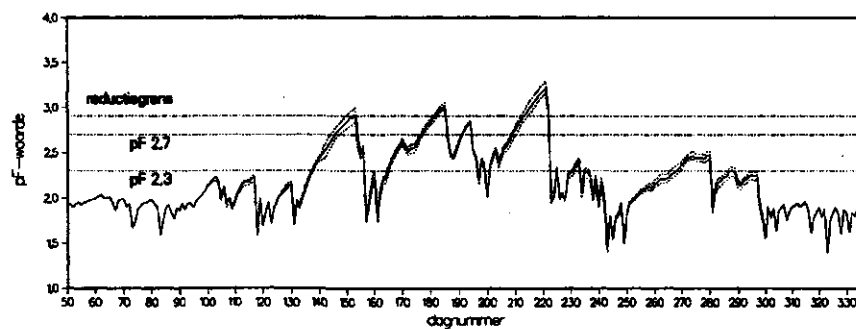


Fig. 11 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1992 in het grofzandig profiel, onberegend

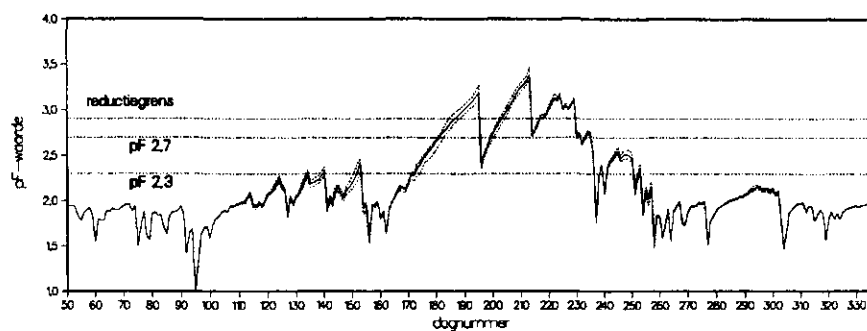


Fig. 12 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1994 in het grofzandig profiel, onberegend

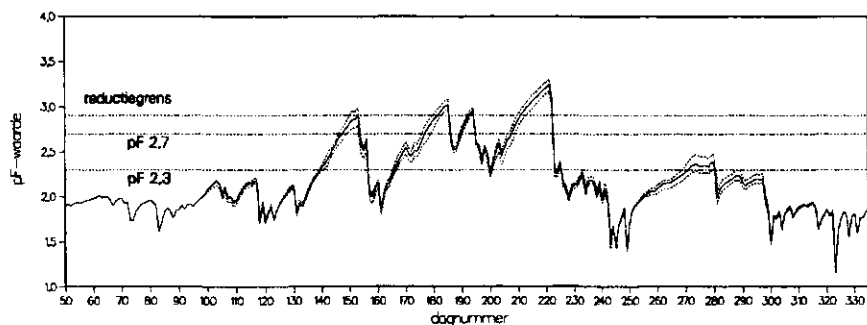


Fig. 13 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1992 in het NCB-profiel, onberegend

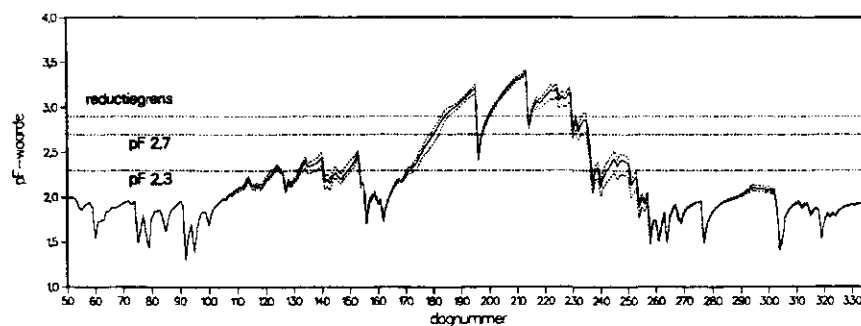


Fig. 14 Gemiddeld verloop van de pF-waarde in 1993 in het NCB-profiel, onberegend

Aanhangsel 10 Het verband tussen potentiële productie, bodemsoort en weersgesteldheid

Doordat de potentiële productie bij simulaties en bij de landbouwvoorlichting anders gedefinieerd is dan in SWAGRA, kan deze term verwarring veroorzaken.

In de modelberekening zoals SWAGRA wordt met potentiële productie bedoeld de productie die in een bepaald jaar gehaald kan worden bij optimale voorziening van het gewas van water, zuurstof en nutriënten, en met reële straling, luchtvochtigheid en temperatuur. Dat betekent dat er voor elk jaar een andere potentiële model-productie is.

De potentiële productie (ook wel genoemd de normatieve opbrengst) die in de landbouwpraktijk wordt gehanteerd is afkomstig uit de HELP-tabellen (bijvoorbeeld via het grasgroeimodel NVV (Normen voor de Voedervoorziening) van het Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen). Deze productie heeft bepaalde waarde, die per bodemsoort, grondwatertrap, stikstofgift etc. is bepaald. Oorspronkelijk werd bij de 'Werkgroep HELP-tabel (1987)' gesproken van de *praktische* potentiële productie. Deze praktische potentiële productie wordt bepaald door het gemiddelde te nemen van de hoogste opbrengsten per jaar in een bepaald gebied. De opbrengsten werden berekend met 30 jaar weerkundige gegevens van het KNMI. Daardoor is de potentiële HELP-productie voor elk jaar gelijk. Verder zegt het rapport van de Werkgroep: *'Bij grasland is de gemiddelde potentiële praktische productie sterk afhankelijk van bedrijfstechnische factoren zoals veebezetting, maaien beweidingsschema, bemesting, graslandverzorging etc.'*

In het onderstaande gebruik ik de termen *model-productie* voor de productie volgens een gewasgroeimodel, en *HELP-productie* voor de productie volgens de HELP-tabellen, om de beide vormen van berekening uit elkaar te houden.

A10.1 Invloed van de weersgesteldheid op de potentiële model- en HELP-producties

Zoals hierboven beschreven kan de potentiële model-productie per jaar verschillen door de verschillende weersomstandigheden. In SWAGRA is de model-productie met volledige berekening vaak iets lager dan de potentiële model-productie, omdat tussen twee berekeningsgiften een korte tijd van suboptimale vochtvoorziening kan zitten. Ook neemt de hoeveelheid beschikbare stikstof in het model af tussen twee bemestingen, met hetzelfde resultaat.

De waarde van de potentiële HELP-productie die de landbouwpraktijk hanteert is gebaseerd op gemiddelde weersomstandigheden, bij bepaalde bemesting en bodemvochtoestand, op een beperkt aantal bodemsoorten, gecombineerd met 'algemeen gangbaar' vakmanschap en ondernemerschap van de boer. Daarom heeft de potentiële HELP-opbrengst vaak een andere waarde dan de theoretisch grootst

mogelijke opbrengst van een specifiek bedrijf in een specifiek jaar in een specifiek gebied.

A10.2 Invloed van de bodem op de potentiële model- en HELP-productie

De bodemeigenschappen en de bodemopbouw spelen een belangrijke rol als factoren in de gewasgroei. In het gewasgroeimodel dat in SWAGRA zit wordt de grasopbrengst berekend uit de transpiratie, als volgt:

$$P_t = A \cdot (T / \bullet e)$$

Daarin is:

P_t	=	assimilatie als de transpiratie beperkend is ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ds}$)
A	=	watergebruiksefficiëntie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mbar}^{-1} \cdot \text{ds}$)
T	=	transpiratie (cm)
$\bullet e$	=	dampdrukdeficiet van de lucht (mbar)

In deze vergelijking zijn de transpiratie T en het dampdrukdeficiet $\bullet e$ bekend, respectievelijk uit de simulatie en uit dagelijkse waarnemingen van het weer. Wanneer in bijvoorbeeld veldproeven of bij waarnemingen op bedrijven ook de gewasopbrengst, en daarmee de assimilatie P_t , bekend is, kan de watergebruiksefficiëntie A uitgerekend worden. Deze watergebruiksefficiëntie geldt dan voor omstandigheden zoals op de gebruikte proefvelden of op het onderzochte bedrijf. Factoren die een belangrijke rol spelen bij de variatie in watergebruiksefficiëntie-waarden is de bodemsoort (textuur, structuur, humusgehalte) en de bodemopbouw (storende lagen). Op geschikte grond is een waarde van 3000 tot 3500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mbar}^{-1}$ mogelijk (Peerboom, 1989), terwijl voor een minder geschikte droge zandgrond de waarden tussen de 2500 en de 2800 liggen (Postma, 1995).

In de HELP-tabellen is de potentiële productie voor een aantal bodemsoorten en grondwatertrappen etc. afzonderlijk aangegeven, maar het is niet mogelijk deze productie-waarden aan te passen aan een specifiek bedrijf met eigen, unieke omstandigheden.

Aanhangsel 11 Hergroei problemen en groeistagnatie na een droge periode

De verliezen die optreden als gevolg van een langere warme en droge periode bestaan uit twee soorten verlies.

De eerste soort verlies treedt op doordat bij stijging van de temperatuur van het gewas de onderhoudsademhaling blijft toenemen, terwijl de assimilatie al maximaal is of zelfs afneemt, meestal door vochttekort. Dit verlies wordt groeistagnatie genoemd. De stagnatie wordt geheel of gedeeltelijk opgeheven wanneer de gewastemperatuur daalt, b.v. wanneer het gewas bij beregening nat wordt en door de verdamping afkoelt. Groeistagnatie kan dus ook optreden bij voldoende vochtvoorziening. Met deze vorm van verlies wordt in het gewasgroeimodel CROPR van SWAGRA rekening gehouden.

De tweede soort verlies treedt op wanneer het gewas zo lang te lijden heeft gehad van vochttekort dat een belangrijk deel van het perceelsoppervlak verdord is. In een beschadigde grasmat met open plekken grijpen allerlei ongewenste grassoorten en andere planten de kans om zich te vestigen. Dan moet er opnieuw worden ingezaaid, of worden doorgezaaid, wat kosten met zich mee brengt. In SWAGRA wordt er van uit gegaan dat er per jaar 20% moet worden heringezaaid, en dat de daaraan verbonden kosten f 1000,- per ha bedragen. Het percentage herinzaai is zo hoog gekozen om er zeker van te zijn dat het in droge jaren de werkelijkheid weergeeft. Voor gemiddelde jaren ligt het eerder op 10%.

Extra effecten van droogte in de vorm van extra herinzaai zijn bij de modelberekeningen derhalve niet meegenomen.